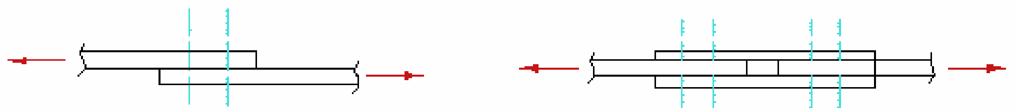
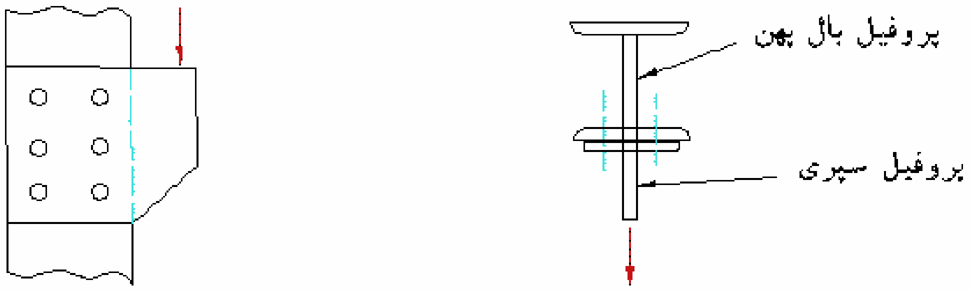
پیچ و پرچ

انتقال نیرو در اتصالات پیچی و پرچی

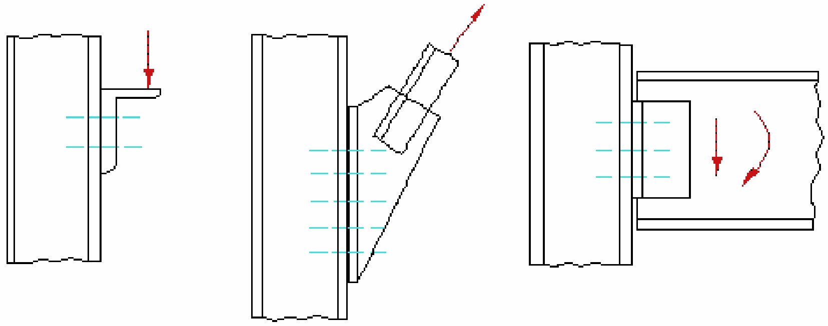


اتصال رویهم (دوبرشه) اتصال رویهم (یک برشه)

الف – اتصالات برشی (رفتاربرشی)



پ – اتصال کششی (رفتارکششی) ب – اتصال برشی برون محور(رفتاربرشی)



m=1 یک برشه

m=2 دو برشه

ت – اتصال ترکیبی برشی وکششی (رفتار برشی کششی)

تنش برشی اسمی در پیچها و پرچها $f_v = \frac{P}{m(\pi \frac{D^2}{4})} \Rightarrow P = m.A.f_v$

تنش کششی اسمی در پیچها و پرچها $f_t = \frac{P}{\pi \frac{D^2}{4}} \Rightarrow P = A.f_t$

P = نیروی وارد بر یک پیچ D = قطر اسمی پیچ یا پرچ

m = تعداد صفحات برش در پیچ یا پرچ

تنش لهیدگی $f_p = \frac{P}{Dt} \Rightarrow P = f_p.D.t$

که در آن t مساوی ضخامت ورق می باشد .

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

جدول 2 – نیروی پیش تنیدگی در پیچهای پر مقاومت طبق AISC

قطر پیچ		نیروی پیش تنیدگی (تن)	
اینچ	میلیمتر *	A325	A490
$\frac{1}{2}$	12	5/3	6/7
$\frac{5}{8}$	16	8/5	10/7
$\frac{3}{4}$	20	12/5	15/6
$\frac{7}{8}$	22	17/3	21/8
1	26	22/7	28/5
$1\frac{1}{8}$	28	24/9	35/6
$1\frac{1}{4}$	32	31/6	45/4
$1\frac{3}{8}$	34	27/8	53/8
$1\frac{1}{2}$	38	45/8	65/8

* برحسب نزدیکترین اندازه ، رند شده است .

پیچ طوری تنظیم گردد که کشش ایجاد شده در پیچ 5 درصد بیش از مقادیر مندرج در جدول 2 باشد .

انواع اتصالات :

الف) اتصال معمولی (غیر اصطکاکی) : لزومی به جلوگیری از لغزش صفحات اتصال در اثر بارهای خدمت احساس نمی شود و لغزش بین صفحات اتصال تحت اضافه بارهایی که گه گاه اعمال می گردد مهم نیست .

ب) اتصال اصطکاکی : هر گونه لغزشی بین صفحات اتصال در اثر بار خدمت نامطلوب می باشد .

الف) اتصالات غیر اصطکاکی :

الف –1) مقاومت برشی در اتصالات معمولی (اتکایی) :

حاصلضرب تنش برشی اسمی مجاز در سطح مقطع اسمی پرچ یا پیچ نیروی برشی مجاز قابل حمل توسط پرچ را به دست می دهد .

$f_v . A = p$ ⟵ یروی برشی مجاز

تنش برشی اسمی مجاز

سطح مقطع اسمی پرچ یا پیچ با توجه به قطر اسمی آنها به دست می آید

تنش برش مجاز پرچها و پیچها بر اساس سطح مقطع اسمی آنها در اتصالات اتکایی ازجدول مربوطه استخراج می گردد .

تنش لهیدگی

$P = f_p . D . t$

نیروی موجود در وسایل اتصالی

جدول 3– تنشهای برشی مجاز پرچها و پیچها بر اساس سطح مقطع اسمی آنها در اتصالات اتکایی

(برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع)

شرح		AISC 1978	AISC 1969	نشریه 74 سازمان برنامه
پرچ های ساخته شده از فولاد نرمه		1200*	1050	1050
پیچ های معمولی ساخته شده از فولاد نرمه از نوع A307		700	700	700
پیچ های پر مقاومت از نوع A325	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار دارد . A325-N	1450*	1050	1050
	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار ندارد A325-X	2100*	1550	1550
پیچ های مقاومت از نوع A490	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار دارد . A490-N	1950*	1575	1575
	صفحهٔ برش در داخل ناحیه دنده شده قرار ندارد A490-X	2800*	2250	2250

- اگر طول اتصال (فاصله دو پیچ ابتدایی و انتهایی اتصال) در وصله ی اعضای کششی از 125 سانتیمتر تجاوز کند ، این تنشها 20 درصد کاهش می یابند .

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

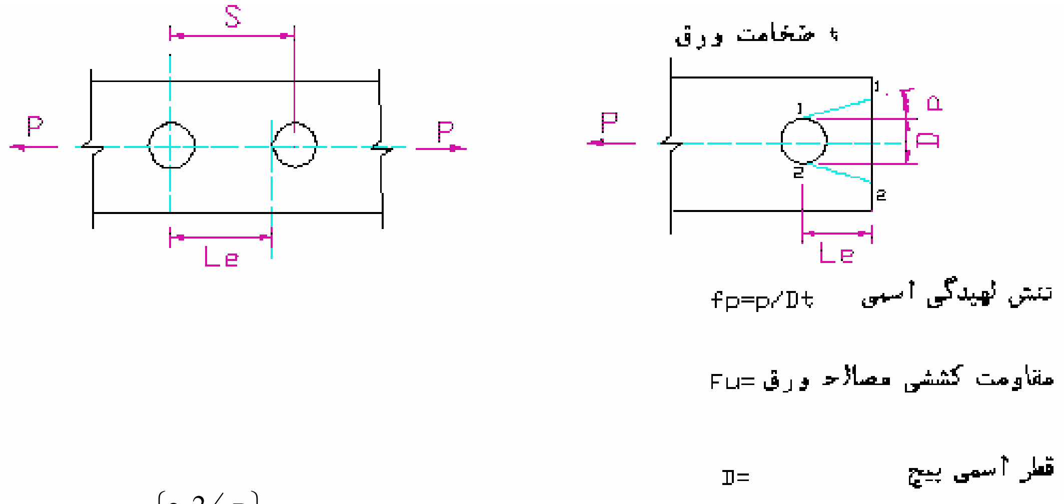
حداقل فاصله از لبه (فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبهٔ قطعه متصل شده) بـرای جلـوگیری از خرابـی ناشـی از پارگی یا لهیدگی

$$\text{if}\quad f_p = 1.5F_u \Rightarrow$$

= فاصله مرکز سوراخها تا لبه سوراخ دیگر $\quad \max\begin{cases} 2p/F_u.t \\ 3D \end{cases}$

f_p ← تنش لهیدگی اسمی

= فاصله مرکز سوراخ تا لبه ورق $\quad \max\begin{cases} 2p/F_u.t \\ 1.5D \end{cases}$



$$AIsc \Rightarrow L_e = \max\begin{Bmatrix} 2, 2/3\, D \\ 2P/F_u t \end{Bmatrix}$$

F_u ← مقاومت کششی مصالح ورق

فولاد نرمه F_u 3500~ 4000 و kg/cm^2 ⟶ F_y=2400 kg/cm^2

} حد جاری شدن

فولاد اعلاء F_u 4500 ~ 5000 و kg/cm^2 ⟶ F_y=3600 kg/cm^2

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

جدول شماره 4 – حداقل فاصله از لبه (فاصله مرکز سوراخ استاندارد تا لبه ی قطعه متصل شده) برای جلوگیری از خرابی ناشی از پارگی یا لهیدگی .

حداقل فاصله از لبه (میلیمتر)		قطر اسمی پیچ یا پرچ (میلیمتر)
فاصله از لبه نورد شده یا لبه بریده شده توسط هوا*	فاصله از لبه قیچی شده	
19	22	12
22	28	16
25	32	20
28	38	22
32	44	26
38	50	28
42	57	32
قطر × 1/25	قطر × 1/75	بالای 32

* وقتی سوراخ در جایی باشد که تنش موجود از 25 درصد تنش مجاز آن قطعه تجاوز نکند .
از کلیه فواصل نوشته شده در این ستون ، می توان 3 میلیمتر کاست.

الف- 2) گام به گام برای بدست آوردن ظرفیت کششی اتصال برای اتصال غیراصطکاکی

1) مقاومت کششی ورق را بدست می آوریم .

2) مقاومت برشی یک پیچ را بدست می آوریم .

3) مقاومت لهیدگی یک پیچ را محاسبه می کنیم .

4) min گام 2 و 3 تقسیم بر تعداد پیچها را انتخاب می کنیم .

5) با مقدار بدست آمده از گام 4 Le را کنترل می نماییم اگر Le بدست آمده کوچکتر از مقدار جدول بود پس مقدار جدول حاکم است و اگر Le بدست آمده بزرگتر از جدول بود پس Le بدست آمده حاکم است .

مثال :

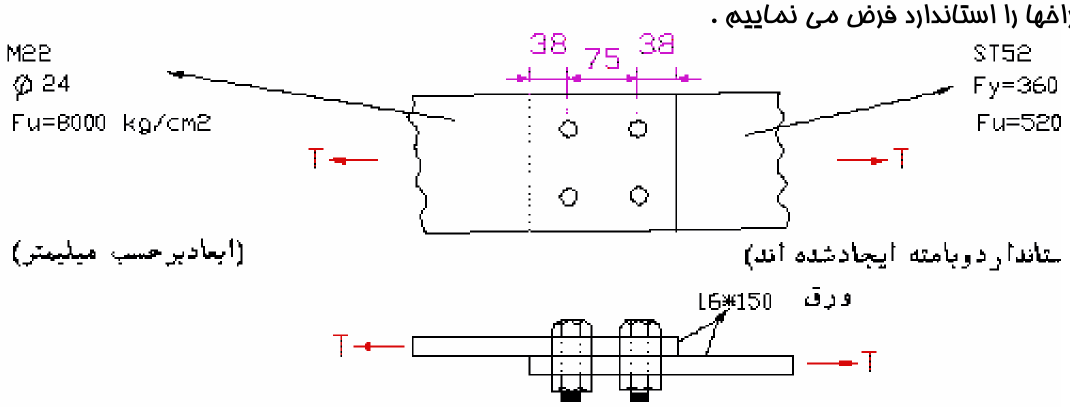
مطلوبست تعیین ظرفیت کششی اتصال غیراصطکاکی شکل زیر در صورتی که

الف) صفحه برش خارج از ناحیهٔ دنده شده پیچ قرار گرفته باشد .

ب) صفحهٔ برش در داخل ناحیهٔ دنده شده باشد.

پیچها به قطر 22 میلیمتر از نوع A325 می باشند . حد جاری شدن ورقهای اتـصال 3500 و مقاومـت نهـایی کششی (F_u) آنها 4550 کیلوگرم بر سانتی متر مربع می باشد . از تنـشهای مجـاز AISC سـال 1978 اسـتفاده نمایید .

سوراخها را استاندارد فرض می نماییم .



$$A_n = [15 - 2(2.2 + 0.3)]1.6 = 16cm^2$$

$$A_g = 15 \times 1.6 = 24cm^2$$

ورق کشی اتصال ⟶ $A_e = \min \begin{Bmatrix} A_n = 16 \\ 0.85A_g = 20.4 \end{Bmatrix}$

$$A_e = A_n = 16cm^2$$

(هر کدام که کوچکتر باشد)

$T = 0.6FyAg$ یا $0.5F_u\ Ae$

$$T = (0.6)(3500)(24)(10^{-3}) = 50.4ton$$

$$T = (0.5)(4550)(16)(10^{-3}) = 36.4ton$$

$$A = \pi \frac{(2.2)^2}{4} = 3.8cm^2$$

$$Rss = F_v . A = 2100$$

از جدول 3 ظرفیت برشی مجاز یک پیچ 22 در حالت یک برشه

$$R_{ss} = 2100 \times 3.8 \times 10^{-3} = 7.98ton$$

مقاومت برشی کل پیچها برابر است با :

$$T = 4Rss = 4(7.98) = 31.92Ton$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

حال مقاومت لهیدگی پیچها را کنترل می نماییم

ظرفیت لهیدگی مجاز یک پیچ

$$f_p = 1.5F_u = 1.5(4550) = 6825\ kg/cm^2$$

$$R_B = f_p.D.t = 6825(2.2)(1.6)10^{-3} = 24.02Ton$$

مقاومت لهیدگی پیچها

$$R_{ss} < R_B \Rightarrow \min\begin{cases} R_{ss} = 7.95 \\ \\ R_B = 24.02 \end{cases} \Rightarrow 7.98$$

مقاومت برش حاکم است

فاصله مرکز سوراخ تا لبه ورق

$$\max\begin{cases} Le \ge \dfrac{2p}{Fu.t} = \dfrac{2\times 7.98\times 10^3}{4550\times 1.6} = 2.16cm \\ 1.5D = 3.3cm \qquad \max = 3.3cm \end{cases}$$

فاصلهٔ موجود 3.8cm است که از مقدار فوق بزرگتر است . این فاصله مساوی با فاصله از لبه قیچی شده جدول 4 می باشد .

$$\min\begin{cases} 4Rss = 31.92 \\ T = 36.4 \end{cases}$$

ب) صفحه برش در ناحیهٔ دنده شده قرار دارد .

$$T = 4Rss = 4(1450)(3.8)10^{-3} = 22Ton < 36.4$$

الف-3)گام به گام برای پیدا کردن تعداد پیچها برای یک اتصال غیر اصطکاکی

الف) مقاومت کششی ورق را محاسبه می نمائیم

ب) مقاومت برشی را برای یک پیچ و مقاومت لهیدگی برای یک پیچ را محاسبه می کنیم .

ج) min گام 2 را انتخاب می نمائیم .

د) از تقسیم گام 1 به گام 3 تعداد پیچها بدست می آید .

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

هـ) Le را کنترل می کنیم P برابر است با مقاومت کششی ورق بخش بر تعداد پیچها (حداکثر Le و حداقل Le)

ب) اتصالات اصطکاکی :

وقتی که نخواهیم تحت اثر بارهای خدمت لغزشی بین صفحات اتصال رخ دهد از اتصالات اصطکاکی استفاده می کنیم .

در یک اتصال اصطکاکی ، نیرویی که از لغزش بین صفحات اتصال جلوگیری می کند ، مساوی μT می باشد که در آن T نیروی پیش تنیدگی پیچها و μ ضریب اصطکاک بین صفحات اتصال می باشد .

مقدار ضریب اصطکاک μ بستگی به وضعیت سطوح صفحات اتصال دارد .

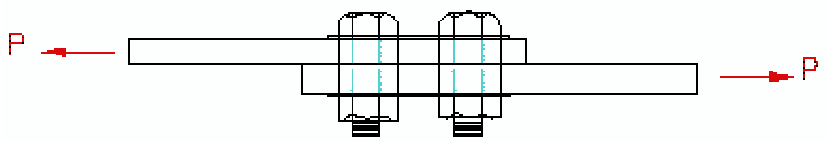
$$0.2 < \mu < 0.6$$

جدول 5 – تنشهای برشی اسمی مجاز پیچهای پر مقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس سطح مقطع اسمی آنها بر حسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع (مقادیر جدول فوق برای سطح تمیز و طبیعی فولادی که از کارخانه ی نورد خارج می شود ، تنظیم شده است . این وضعیت سطح را از این به بعد کلاس A می نامیم .)

شرح	وضعیت سوراخ		
	سوراخ استاندارد	سوراخ غیر استاندارد با سوراخ لوبیایی با طول کوتاه	سوراخ لوبیایی با طول بلند
پیچ های پرمقاومت از نوع A325	1225	1050	850
پیچ های پر مقاومت از نوع A490	1500	1300	1100

مثال :

مطلوب است محاسبهٔ مقدار نیروی P که باعث لغزش اتصال نشان داده شده در شکل زیر می شود پیچ نشان داده شده از نوع A325 و به قطر $\frac{7}{8}$ اینچ (22 میلیمتر) می باشد . ضریب اصطکاک μ را مساوی 0.34 فرض نمایید . با استفاده از نیروی P محاسبه شده ، تنش برشی اسمی را از رابطهٔ $f_V = \frac{p}{A_b}$ محاسبه نمایید .



Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

با استفاده از جدول 2 نیروی پیش تنیدگی برای پیچ $\frac{7}{8}$ اینچ (22 میلیمتر) مساوی 17.3 تن به دست می آید.

$$T_i = 17.3Ton \quad P = \mu T_i = 0.34 \times 17.3 = 5.88ton$$

تنش برشی اسمی در پیچ $\frac{7}{8}$ اینچ (22/2 میلیمتر) در آستانه سرخوردن :

$$f_v = \frac{p}{A_b} = \frac{5.88 \times 1000}{\pi \times 2.22^2 / 4} = 1519kg / cm^2$$

تنشهای برشی اسمی مجاز در اتصالات اصطکاکی:

برای طراحی اتصالات اصطکاکی آیین نامهٔ AISC به جای استفاده از نیروی پیش تنیدگی و ضریب اصطکاک از تنش برشی اسمی مجاز استفاده می کنند . طبق آیین نامه AISC تنش برشی اسمی مجاز پیچهای پر مقاومت در اتصالات اصطکاکی مطابق جدول 5 می باشد(می توان برای تمامی حالات از جدول 6 استفاده کرد.)

استفاده از سوراخ غیر استاندارد فقط در اتصالات اصطکاکی مجاز است و از سوراخهای لوبیایی فقط وقتی می توان در اتصالات اتکایی استفاده کرد که عمود بر امتداد نیرو باشند .

مثال :

اتصال مثال 2 را مجدداً بر اساس اتصال نوع اصطکاکی طراحی نمایید . پیچها به قطر 20 میلیمتر از نوع A325 می باشند . وضعیت سطوح کلاس A و سوراخها نیز غیر استاندارد می باشند .

حداکثر ظرفیت کششی مجاز ورقهای اتصال طبق مثال 2 برابر است با :

T=29.12 ton

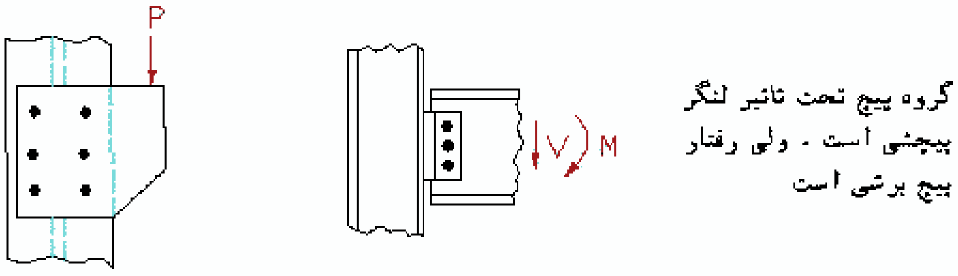
نیروی برشی اصطکاکی مجاز یک پیچ در حالت دو برشه برابر است با

$$R_{ss} = f_v . A_b = 1050 \times 2 \times 3.14 \times 10^{-3} = 6.59ton$$

تعداد پیچهای لازم $n = \frac{29.12}{6.59} = 4.4$

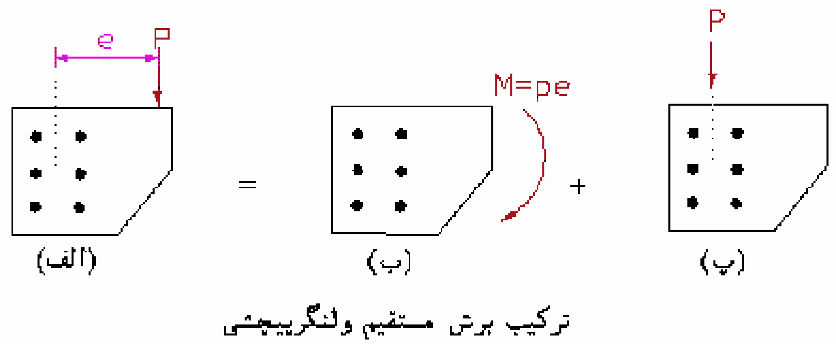
از 6 پیچ 20 میلیمتر از نوع A325 استفاده می نماییم .

ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی (برش خارج از مرکز)

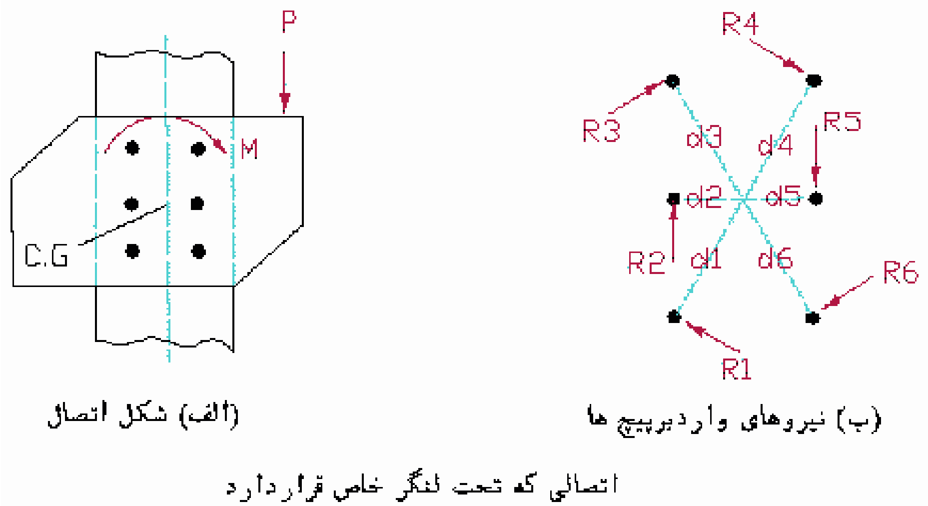


انواع اتصالات تحت برش خارج ازمرکز(ترکیب نیروی برشی ولنگرپیچشی)

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9



تحلیل اتصالات تحت اثر ترکیب نیروی برشی و لنگر پیچشی:



R : نیروی برشی ناشی از خروج مرکزیت در پیچ

$$M = R_1 d_1 + R_2 d_2 + \ldots + R_6 d_6 = \sum Rd \quad (1)$$

اگر فرض نمائیم که کلیه پرچها و پیچها دارای سطح مقطع یکسان A باشند می توانیم بنویسیم .

$$f_1 = \frac{R_1}{A} \quad , \quad f_2 = \frac{R_2}{A}, \ldots \quad f_6 = \frac{R_6}{A} \quad (2)$$

حال با این فرض ساده کننده که تغییر شکل هر پرچ یا پیچ متناسب با فاصلهٔ آنها از مرکز پیچش و مرکز هندسی می باشد با توجه به اینکه اتصال رفتار الاستیک دارد می توانیم بگوییم که تنش هر پیچ یا پرچ متناسب با فاصلهٔ d آن از مرکز هندسی می باشد

$$\frac{f_1}{d_1} = \frac{f_2}{d_2} = \ldots\ldots = \frac{f_6}{d_6} \qquad (3)$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

اگر تمام تنشها را برحسب f_1 و d_1 بنویسیم :

$$f_1 = f_1 \frac{d_1}{d_1},\ f_2 = \frac{f_1 d_2}{d_1}, \ldots f_6 = f_1 \frac{d_6}{d_1} \qquad (4)$$

$$(2),(4) \quad \text{در} \quad (1) \qquad \Rightarrow M = f_1 \frac{d_1^2}{d_1} A + F_1 \frac{d_2^2}{d_1} A + \ldots\ldots + F_1 \frac{d_6^2}{d_1} A$$

$$= \frac{f_1}{d_1} A[d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \ldots\ldots + d_6^2] \Rightarrow M = \frac{f_1}{d_1} \sum A d^2$$

تنش در پرچ یا پیچ شمارهٔ 1 برابر است با :

$$f_1 = \frac{M d_1}{\sum A d^2}$$

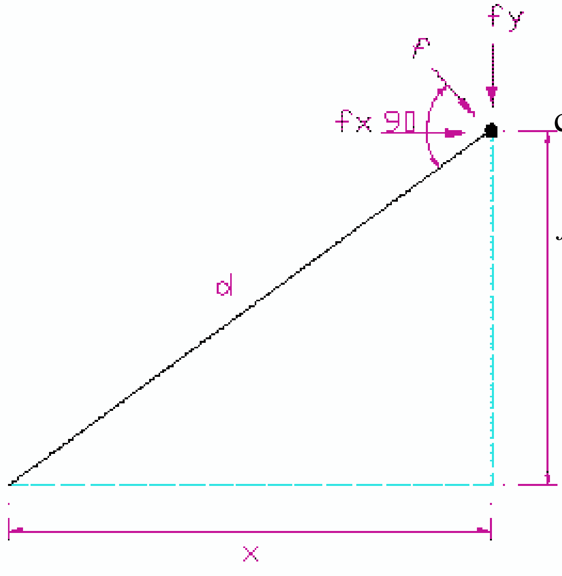
و بطور مشابه در بقیه پیچها خواهیم داشت

$$f_2 = \frac{M d_1}{\sum A d^2} = f_3 = \frac{M d_3}{\sum A d^2} \ldots\ldots f_6 = \frac{M d_6}{\sum A d^2}$$

و یا به طور عمومی

$$f = \frac{Md}{\sum A d^2} \qquad *$$

در تحلیل این گونه اتصالات اغلب سهل تر است که فواصل و نیروها را به مولفه های افقی و قائم تجزیه نماییم .



مولفه های افقی وقائم فاصله وتنش

$$\cos\alpha = \frac{y}{d} \quad , \sin\alpha = \frac{x}{d}$$

$$f_x = f\frac{y}{d} \quad , f_y = f\frac{x}{d}$$

با قرار دادن در معادله * داریم :

$$f_x = \frac{M.y}{\sum A d^2} \quad , f_y = \frac{M.x}{\sum A d^2}$$

$$d^2 = x^2 + y^2$$

$$f_x = \frac{M.y}{A(\sum x^2 + \sum y^2) = \sum A d^2}$$

$$\Rightarrow d^2 = x^2 + y^2$$

تنش ← $$f_y = \frac{M.x}{A(\sum x^2 + \sum y^2) = \sum A d^2}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \qquad f_{sx} = \frac{P_x}{\sum A} \qquad f_{sy} = \frac{p_y}{\sum A}$$

تنش ← $$f = \sqrt{(f_y \pm f_{sy})^2 + (f_x \pm f_{sx})^2}$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

جدول 6- تنشهای برشی اسمی مجاز برای پیچهای پرمقاومت در اتصالات اصطکاکی بر اساس سطح مقطع اسمی آنها برحسب کیلوگرم بر سانتی متر مربع برای شرایط گوناگون سطوح در حال تماس

کلاس	وضعیت سطوح ورقهای در حال تماس	سوراخ استاندار		سوراخ غیر استاندارد یا سوراخ لوبیایی با طول کوتاه		سوراخ لوبیایی با طول بلند	
		A325	A490	A325	A490	A325	A490
		$F_v (kg/cm^2)$					
A	سطوح تمیز که لایه ای از اکسید حاصل از نورد گرم در روی آن قرار دارد	1225	1500	1050	1300	850	1100
B	فولادهای کربن دار و آلیاژدار که توسط ماسه تحت فشار تمیز شده اند	1925	2415	1645	2065	1365	1680
C	فولاد پرمقاومت (به صورت سردو گرم اصلاح شده) که توسط ماسهٔ تحت فشار تمیز شده اند.	1330	1645	1120	1400	945	1155
D	فولادهای گالوانیزه	1502	1890	1295	1610	1050	1330
E	تمیز شده توسط ماسه تحت فشار و رنگ گالوانیزه ارگانیک	1470	1820	1260	1540	1015	1260
F	تمیز شده توسط ماسه تحت فشار و رنگ گالوانیزه غیر ارگانیک	2065	2590	1750	2205	1435	1820
G	تمیز شده توسط ماسهٔ تحت فشار با اندود روی	2065	2590	1750	2205	1435	1820
H	تمیز شده توسط ماسهٔ تحت فشار با اندود آلومینیوم	1200	2625	1785	2240	1470	1855
I	وینیل واش	1155	1435	980	1225	805	1015

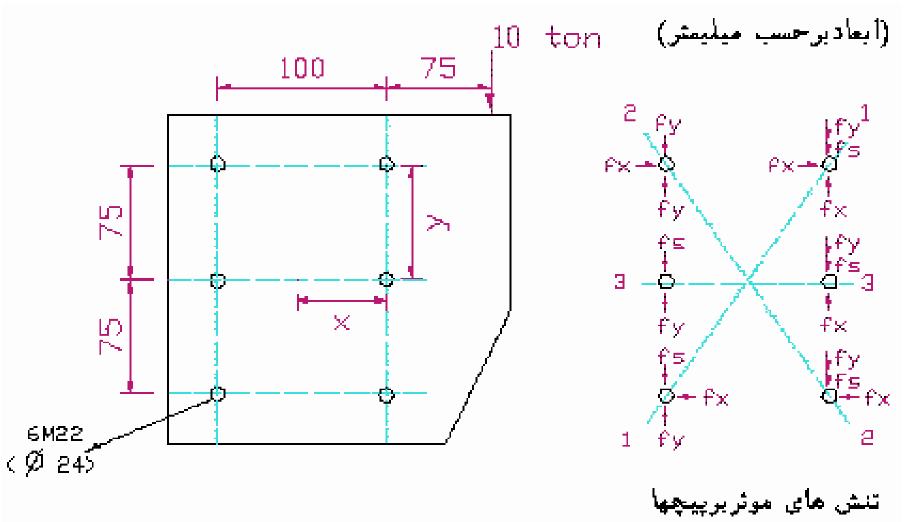
طبق تعریف به سوراخی استاندارد می گوییم که قطر آن حداکثر 1.6 میلیمتر بزرگتر از قطر پیچ باشد .

اگر قطر سوراخ بزرگتر از قطر اسمی باشد به آن سوراخ غیر استاندارد می گوییم .

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

مثال :

نشان دهید که اتصال نشان داده شده در شکل زیر هم در حالت اصطکاک و هم در حالت معمولی رضایت بخش می باشد . پیچها از نوع A325 به قطر 22 میلیمتر می باشند .



نکته : نیروهای Fx دارد به دو پیچ در امتداد یک خط (مثلاً 1-1 باید تشکیل یک کوپل نیرو را بدهند به طوری که لنگری در جهت لنگر حاصله از نیروی 10ton باشد لذا f_x و f_y به طوری که در شکل نشان داده شده در امتداد خط 1-1 وارد می شود تا لنگری در جهت عقربه ساعت ایجاد نمایید در امتداد خط 3-3 نیز به همین صورت تنها کوپلهای ایجاد کننده دو نیروی f_y می باشد و دو نیروی f_x چون در یک راستا در جهت عکس یکدیگر می باشند خنثی می گردند .

حل : نمودار آزاد پیچها نشان می دهد که پیچهای فوقانی و تحتانی ستون سمت راست ، بحرانی ترین پیچها می باشند چون تنشهای ایجاد شده در هر دو پیچ مساوی می باشند ، فقط پیچ فوقانی را کنترل می کنیم .

$$e = 7.5 + 5 = 12.5cm, \quad m = 10 \times 12.5 = 125 \ \ t.cm$$

$$\sum x^2 + \sum y^2 = 6(5)^2 + 4(7.5)^2 = 375cm^2$$

تعداد جهت های x تا پیچ ها ← | → تعداد جهت های y تا پیچها

$$f_x = \frac{M.y}{A(\sum x^2 + \sum y^2)} = \frac{125 \times 1000 \times 7.5}{3.8 \times 375} = 657.89kg/cm^2$$

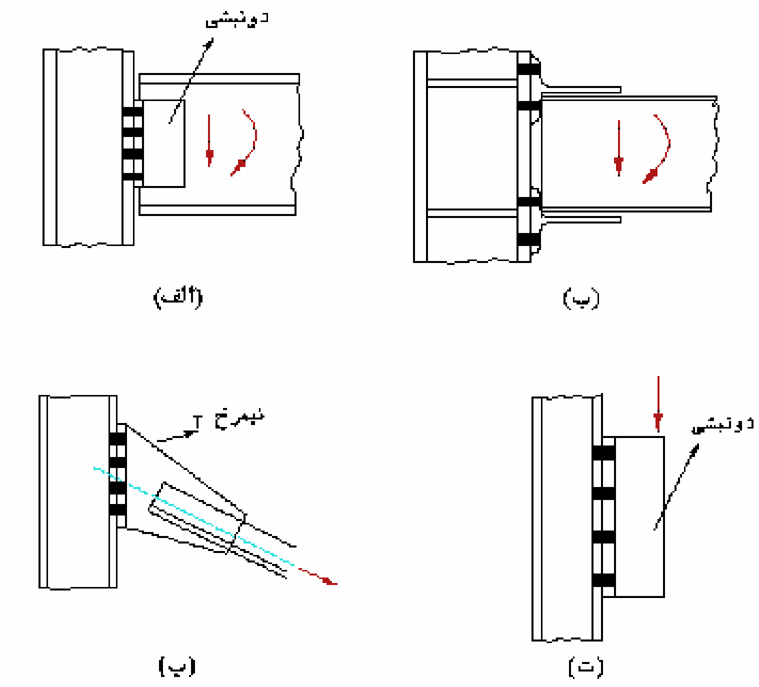
$$f_y = \frac{M.x}{A(\sum x^2 + \sum y^2)} = \frac{125 \times 1000 \times 5}{3.8 \times 375} = 438.60kg/cm^2$$

$$f_{sy} = \frac{p_y}{\sum A} = \frac{10 \times 1000}{3.8 \times 6} = 438.6kg/cm^2$$

$$f = \sqrt{(438.6 + 438.6)^2 + 657.89^2} = 1096.5kg/cm^2$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

ترکیب برش و کشش



اتصالاتی که پیچها یا پرچهای آنها تحت اثر توأم نیروی برشی وکششی قرار دارند

اتصالات معمولی

با صرفنظر کردن از کشش اولیه ، اصطکاک و تنشهای لهیدگی در پرچ یا پیچ ، اثر متقابل تنش برشی و تنش کششی در یک پیچ را می توان توسط رابطهٔ تجربی زیر پیش بینی نمود :

اتصالات معمولی غیر اصطکاکی : $(\frac{f_v}{F_v})^2 + (\frac{f_t}{F_t})^2 \leq 1$

fv = تنش برشی اسمی ناشی از بارهای وارده $f_v = \frac{p_y}{\sum A}$

ft = تنش کششی اسمی ناشی از بارهای وارده $f_t = \frac{p_x}{\sum A}$

Fv = تنش برشی اسمی مجاز در غیاب تنشهای کششی ⟵ جدول 3

Ft = تنش کششی مجاز در غیاب تنشهای برشی ⟵ از جدول 7

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

دستورات آیین نامه AISC در مورد اثر توأم برشی و کششی

جدول 7 – تنش مجاز کششی بر مبنای سطح مقطع اسمی پرچها و پیچها سطح تماس

نوع وسیله ی اتصال	AISC	نشریه ی 74 سازمان برنامه و بودجه
پرچ های ساخته شده از فولاد نرمه	1600	1400
پیچ های معمولی ساخته شده از فولاد نرمه از نوع A307	1400	980
پیچ های پر مقاومت A325	3000	2800
پیچ های پر مقاومت A490	3800	3800

اتصالات اصطکاکی

از آنجایی که در یک اتصال اصطکاکی هر گونه تنش کششی خارجی باعث کاهش تنش فشاری بین ورقهای اتصال گردد . و کاهش در تنش فشاری بین ورقهای اتصال ، باعث کاهش تنشهای اصطکاکی می شود .

اتصالات اصطکاکی :

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_{tp}} \leq 1.0$$

f_v = تنش برشی اسمی ناشی از بارهای وارده : $F_v = \dfrac{p_y}{\sum A}$

f_t = تنش کششی اسمی ناشی از بارهای وارده : $F_t = \dfrac{p_x}{\sum A}$

f_v = تنش برشی اسمی و مجاز در غیاب تنشهای کششی ← جدول 6

F_{tp} = تنش کشش اسمی ناشی از نیروی پیش تنیدگی $F_{tp} = \dfrac{T_i}{A_b}$

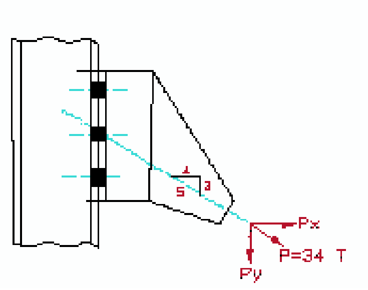
مثال :

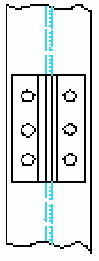
مطلوبست کنترل اتصال نشان داده شده در شکل زیر در دو حالت

الف : اصطکاکی

ب : معمولی

پیچها به قطر 22 میلیمتر از نوع A325 می باشند .





Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

الف) اتصال اصطکاکی

$$p_x = \frac{4}{5}(34) = 27.2ton \quad , p_y = \frac{3}{5}(34) = 20.4ton$$

$$f_v = \frac{p_y}{\sum A} = \frac{20.4\times1.3}{6\times3.8} = 894.74kg/cm^2 , f_t = \frac{p_x}{\sum A} = \frac{27.2\times103}{6\times3.8} = 1192.98kg/cm$$

$F_v = 1225kg/cm^2$ جدول 5

$F_{tp} = \dfrac{17.3\times1000}{3.8} = 4552kg/cm^2$ (جدول 2)

با استفاده از رابطه زیر داریم :

$$\frac{894.74}{1225} + \frac{1192.98}{4552} = 0.73 + 0.26 = 0.99 < 1$$

$f_t = 1192.98 < Ft = 3000kg/cm^2$ خوبست

همچنین

ب) اتصال معمولی

صفحهٔ برش خارج از ناحیه دنده شده می باشد .

$F_v = 2100kg/cm^2$ (جدول 3)

$F_t = 3000kg/cm^2$ (جدول 7)

با استفاده از رابطهٔ داریم :

$$(\frac{894.74}{2100})^2 + (\frac{1192.98}{3000})^2 = 0.18 + 0.16 = 0.34 < 1$$

ترکیب نیروی برشی و لنگر خمشی

بسته به نوع پرچ یا پیچی که در این نوع اتصالات به کار می بریم دو حالت متفاوت زیر را خواهیم داشت :

1- هیچ گونه کشش اولیه ای در پیچها یا پرچها وجود ندارد ⟵ استفاده از پیچهای معمولی در اتصال

2- پیچهای اتصال دارای کشش اولیه می باشند ⟵ استفاده از پیچهای پر مقاومت پیش تنیده .

پیچهایی که در آنها کشش اولیه وجود ندارد :

لنگر M=pe در قسمت فوقانی باعث جدا شدن صفحات اتصال از یکدیگر و ایجاد کشش در پیچها می شود .

در ناحیه کششی فقط اثر پرچها یا پیچها در نظر گرفته می شود و با مقداری تقریب از اثر سوراخها در ناحیه فشاری صرفنظر می شود و ارتفاع تار خنثی از تار تحت فشار انتهایی در حدود $\frac{1}{6}$ تا $\frac{1}{2}$ ارتفاع کل مقطع می باشد

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

مثال :

مطلوبست است محاسبهٔ ظرفیت خمشی مجاز اتصال نشان داده شده در شکل زیر پیچها به قطر 20 از نوع پیچهای نرمه معمولی (A307) می باشد .

$$\frac{75}{7}=10.7<y<\frac{75}{6}=12.5\Rightarrow\frac{by^2}{2}=mnA(h'-y+p\frac{n-1}{2})$$

b = پهنای ناحیه فشاری　　　m = تعداد پیچهای یک ردیف

n = تعداد پیچهای موجود در یک ستون واقع در بالای محور خنثی

A = سطح مقطع یک پیچ

h´ = فاصله اولین پیچهای موجود در بالای محور خنثی تا تار فشاری انتهای

y = ارتفاع محور خنثی از تار فشاری

P = فواصل پیچها

برای مثال مورد بحث داریم :

$$b=18cm, m=2, n=8, A=3.14cm^2, h'=18.75cm, p=7.5cm$$

$$\frac{18\times y^2}{2}=(2)(8)(3.14)(18.75-y+7.5\times\frac{8-1}{2})$$

$$9y^2=50.24(45-y),\ y=13.1cm$$

$$I=\frac{mnAp^2(n^2-1)}{12}+mnA(\frac{n-1}{2}p+h'-y)^2+\frac{by^3}{3}$$

(ممان اینرسی پیچهای مورد نظر؛ اثر Ad^2 پیچها؛ ممان اینرسی قسمت تحت فشار)

$$I=\frac{2\times2\times3.14\times7.5^2(8^2-1)}{12}+2\times8\times3.14(\frac{8-1}{2}\times7.5+18.75-13.1)^2+\frac{18\times13.13}{3}$$

$$I=14836.5+51124.73+13488.55=79449.48cm^4$$

$$w=\frac{I}{c}=\frac{79449.78}{58.15}=1366.29$$

$$(75-13.1-3.75)=58.15$$

$$f_t=1400kg/cm^2(AISC)$$　جدول 7

$$f_t=\frac{Mc}{I}\Rightarrow M=f_t.w=1400\times1366.29\times10^{-5}=19.13t.m$$

وقتی که در پیچها کشش اولیه وجود دارد .

$$A=\sqrt{\frac{6M}{R.p}}$$

A = تعداد پیچهای لازم در یک ستون

M = لنگر خمش وارد بر اتصال

$$R = f_t.A_b$$

$$I=\sum Ay_i^2,\ F_t=\frac{MC}{\sum Ay_i^2}$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

R = مقاومت

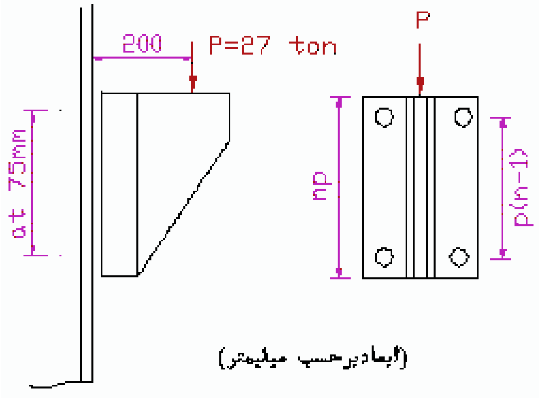
P = فاصله پیچها

مثال :

برای اتصال لچکی نشان داده شده در شکل زیر تعداد پیچهای 22 میلیمتر از نوع A325 را در دو حالت زیر به دست آورید :

الف) اتصال اصطکاکی

ب) اتصال غیر اصطکاکی در حالی که صفحهٔ برش در خارج دنده ها قرار دارد . کلیه پیچهای اتصال دارای کشش اولیه می باشند و فاصلهٔ آنها را مساوی 7.5 سانتی متر در نظر بگیرید .



الف) اتصال اصطکاکی :

$$n_1 = \sqrt{\frac{6M}{Rp}}, p = 7.5cm \quad , R_T = 3.8\times3000 = 11400kg$$

$$M = 27\times0.2\times {}^{1}\!/_{2} = 2.7t.m$$

تعداد پیچهای لازم برای نیروی برشی

$$n_1 = \sqrt{\frac{6\times2.7\times10^5}{11400\times7.5}} = 4.35$$

$$R_{ss} = fv.A$$

$$R_{ss} = 3.8\times1225 = 4655kg$$

$$n_2 = \frac{27\times1000}{2\times4655} = 2.9 \qquad 2{}^{7}\!/_{2} = {}^{p}\!/_{2}$$

$$n = \sqrt{(4.35)^2 + (2.9)^2} = 5.22$$

$$\sum Ad^2 = Ay^2 = 4(3.8)(7.5^2 + 15^2) = 4275cm^4$$

کنترل اثر مشترک نیروی برشی و نیروی کششی

$$\frac{p(n-1)}{2} = \frac{7.5\times(5-1)}{2}$$

$$ft = \frac{27000\times20\times15}{4275} = 1894.74kg/cm^2 < 3000 \ \ ok$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$f_v = \frac{p}{\sum A} = \frac{27000}{3.8\times 10} = 710.23$$

$$\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_{tp}} \le 1$$

$$F_{tp} = \frac{T_i}{A_b} = \frac{17.3\times 1000}{3.8} = 4552 kg/cm^2$$

$$\frac{710.53}{1225} + \frac{1894.74}{4552} = 0.58 + 0.42 = 1 \quad o.k$$

ب) حال اتصال را در حالی که نیروهای اصطکاکی وجود ندارند کنترل نمایید .

$$(\frac{f_v}{F_v})^2 + (\frac{f_t}{F_t})^2 \le 1$$

$$F_v = 2100 kg/cm^2 \quad , F_t = 3000 kg/cm^2$$

$$(\frac{710.53}{2100})^2 + (\frac{1894.74}{3000})^2 = 0.11 + 0.4 = 0.51 < 1$$

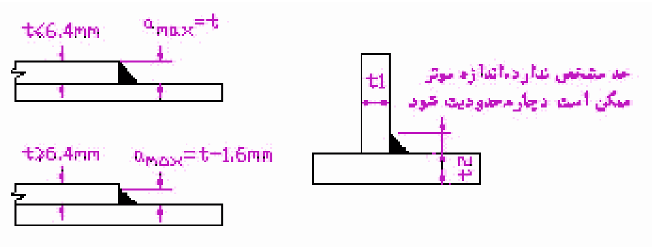
Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

جوش

حداقل اندازه جوش ←—— محاسبه شده بر اساس صفحات صفحه ضخیم تر

ضوابط لازم برای جوش گوشه بر حسب اندازه ساق جوش و برای جوش شیاری نفوذی ناقص برحسب اندازه گلوی مؤثر آن در جدول 4 خلاصه شده است .

و اندازه جوش گوشه مساوی طول ساق آن می باشد اندازه جوش نباید از ضخامت قطعه نازکتر بیشتر باشد .



حداکثر اندازه جوش گوشه در طول لبه ها

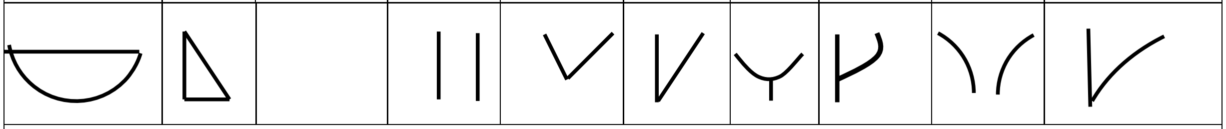
جدول 4 – حداقل اندازه جوش گوشه ، و حداقل گلوی مؤثر برای جوش شیاری با نفوذ ناقص

ضخامت فلز مبنا (T) بر اساس ضخامت قطعه ضخیمتر (میلی متر)	حداقل اندازه جوش* گوشه (میلی متر)	حداقل اندازه گلوی مؤثر (t) برای جوش شیاری با نفوذ ناقص (میلی متر)
6/4	3	3
6/4 تا 12/7	5	5
12/7 تا 19/0	6	6
19/0 تا 38/1	8	8
38/1 تا 57/1	8	10
57/1 تا 152	8	13
152	8	16

* اندازه جوش گوشه مساوی طول ساق آن می باشد . اندازه جوش نباید از ضخامت قطعه نازکتر بیشتر باشد . برای موارد استثنایی که این شرط برقرار نباشد باید تدابیر مخصوصی اتخاذ نمود تا بوسیله عمل پیش گرمایش سلامت جوش تضمین شود . باید از حداقل اندازه ی جوشی که با یک عبور الکترود بدست می آید استفاده کرد .

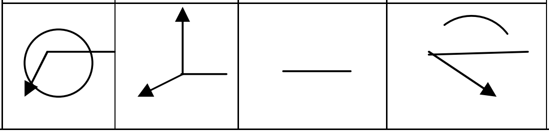
Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

نیم 7 هلالی	7هلالی	نیم لاله ای	لاله ای	نیم جناغی	جناغی	مربع	انگشتانه یا کام	گوشه	جوش پشت

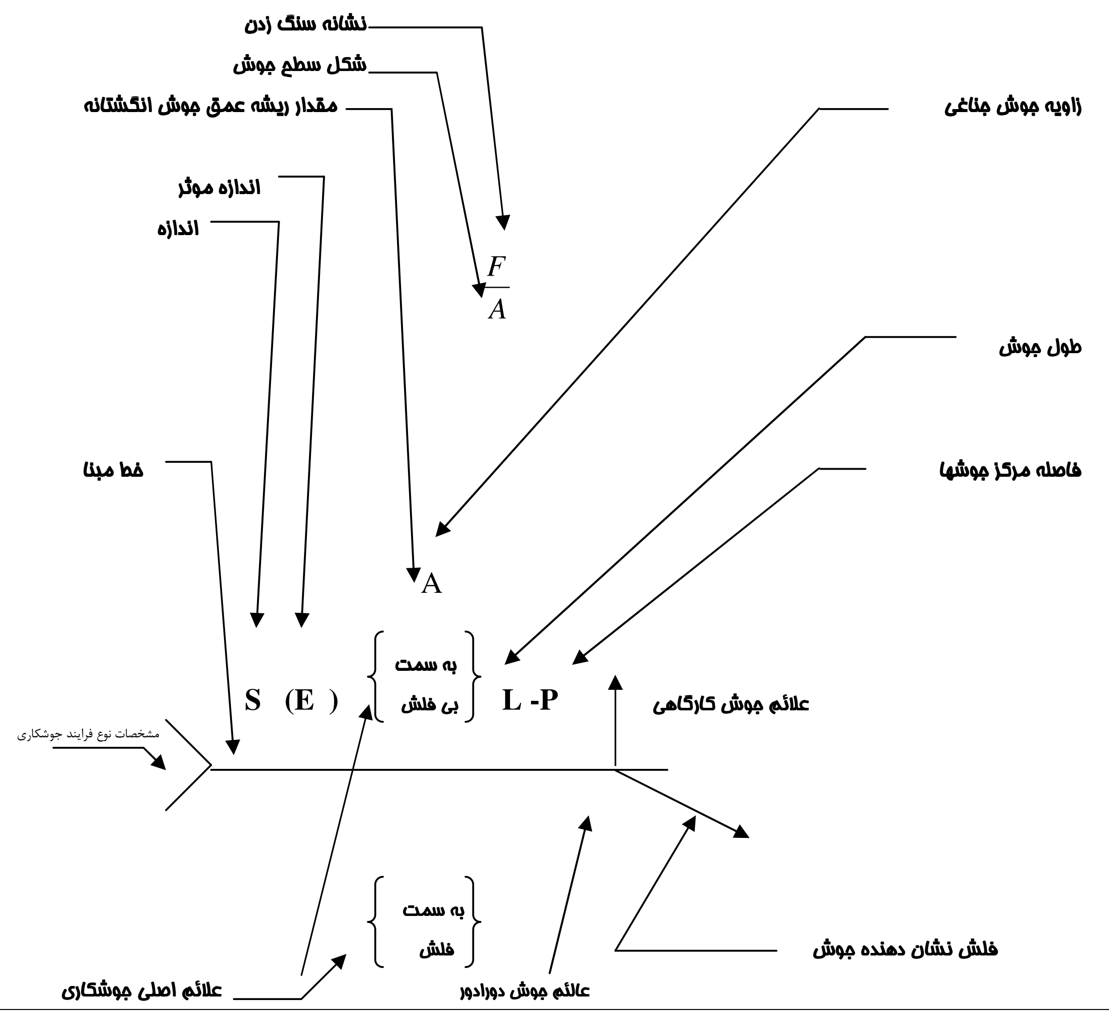


علایم فرعی جوشکاری

به منظور آشنایی با سایر علائم اصلی وفرعی جوشکاری به AWSA2.4-7 6 مراجعه شود	شکل خارجی: محدب	شکل خارجی: تخت	جوش کارگاهی	جوش دورادور	



محل درج مشخصات علائم جوشکاری



Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

جدول 5 – مشخصات جوش ساختمانی و فلز مبنای سازگار

		روش جوشکاری			
گروه	از مبناء	جوش با الکترود (SMAW)	جوش زیر پودری (SAW)	جوش تحت حفاظ گاز (GMAW)	جوش با فلوس مغزی
I	ASTM A36.A53 Grade B. A500.A501.A529 A570 Grsdes D and E, and A709 Grade 36	AWS A5.1 or A5.5 E60XX or E70XX	AWS AS.17 or A5.23 F6X or F7X-EXXX	AWS AS.18 E70S-X or E70U-1	AWS AS.20 E600T-X
II	ASTM A242.A441,A572 Grade 42-55. A588 and A709 Grades 50 and 50W	AWS A5.1 or A5.5 E70XX	AWS A5.17 or AS.23 F7X EXXX	AWS A5.18 E70S-X or E70U-1	AWS AS.20 E70T-X (except E70T-2 and E70T-3)
III	ASTM A572 Grade 50 and 65	AWS A5.5 E80XX	AWS A5.23 F8X- EXXX	Grade E80S	Grade E50T
IV	ASTM A514(over 2 in.thick)and A709 Grades 100 and 100W(2 to 4 in).	AWS A5.5 E100XX	AWS A5.23 F10X- EXXX	Grade E100S	Grades E100T
V	ASTM A514(2 in, and under)and A709 Grades 100 and 100W(2 to.and under).	AWS A5.5 E110XX	AWS A5.23 F11X- EXXX	Grade E110S	Grade E110T

تنشهای مجاز

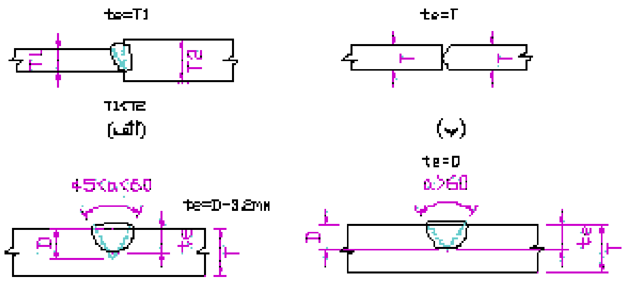
برای مقاصد طراحی فرض می گردد که انتقال بار توسط تنش برشی بر روی سطح مؤثر جوش صورت می گیرد جوشهای شیاری بار را درست مانند خود قطعات اصلی انتقال می دهند .

سطح مؤثر جوش

سطح مؤثر جوش گوشه مساوی گلوی مؤثر آن و کمترین فاصله ریشه جوش از سطح آن ، در طول مؤثر آن می باشد .

t_e = گلوی مؤثر

L_e



Copyright by: www.afshinsalari.c

طول مؤثر =

جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار (SMAW)

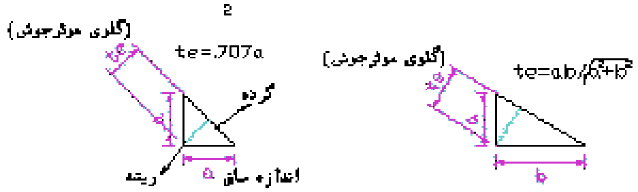
(1) گلوی مؤثر در جوش گوشه — ساق مساوی $\Rightarrow t_e = 0.707a$

SAW یعنی به جز SMAW — (2) ساق نامساوی $\Rightarrow t_e = \dfrac{ab}{\sqrt{a^2+b^2}}$

جوش قوس الکتریکی غوطه ور (SAW)

SAW گلوی مؤثر در جوش (1) $\Rightarrow a < 9.5^{mm} \rightarrow t_e = a$

با ساق مساوی (2) $\Rightarrow a > 9.5^{mm} \rightarrow t_e = 0.707a + 2.8$



جوشهای کام و انگشتانه

مقاومت = $A \times F_{all}$

(A: مساحت اسمی جوش، F_{all}: تنش مجاز)

ارزش جوش

حاصلضرب گلوی مؤثر جوش در تنش مجاز جوش ، ارزش جوش (R_w) نامیده می شود .

واحد ارزش جوش kg/cm

ارزش جوش برای فلز مبنا ← $R_w = F_{مجاز} \times t_w (kg/cm)$

($F_{مجاز}$: جداول 6 و 7 و8 ؛ t_w: ضخامت مؤثر)

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

ارزش جوش برای خود جوش $R_w = F \times t_e$

جدول 6 – تنش مجاز روی سطح مؤثر جوش (آیین نامه های AWS,AISC)

نوع جوش	نوع تنش روی سطح مؤثر	تنش مجاز	مقاومت جوش مورد نیاز
جوش شیاری با نفوذ کامل	کشش عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز مبنا	باید از جوش سازگار استفاده شود
	فشار عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز مبنا	فلز جوش مبنا مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
	کشش با فشار موازی محور جوش	مثل فلز مبنا	
	برش روی سطح مؤثر	0/3× مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی فلز مبنا پایدار 0/4 × مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	
جوش شیاری با نفوذ ناقص	فشار عمود بر سطح مؤثر	مثل فلز مبنا	فلز جوشیس با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
	کشش با فشار موازی محور جوش	مثل فلز مبنا	
	برش موازی محور جوش	0/2× مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی فلز مبنا نباید از 0/4× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	
	کشش عمود بر سطح مؤثر	/3 × مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش کششی در فلز مبنا نباید از 0/6× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .
جوش گوشه	برش روی سطح مؤثر	0/2 × مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی در فلز مبنا نباید از 0/4× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	
	کشش با فشار موازی محور جوش*	مثل فلز مبنا	

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

	برش موازی سطوح متصل شده بوسیله جوش (بر روی سطح مؤثر)	3/0 × مقاومت کششی اسمی فلز جوش ولی تنش برشی در فلز مبنا نباید از 0/2× مقاومت جاری شدن فلز مبنا تجاوز نماید .	فلز جوشی با مقاومت مساوی یا کمتر از جوش سازگار می تواند مورد استفاده قرار گیرد .

* جوشهای گوشه یا شیاری ا نفوذ ناقص که اعضای نیمرخ های ساخته از ورق را به یکدیگر اتصال می دهند ، نظیر جوشی که بال به جان را اتصال می دهد ، می توانند بدون توجه به تنش کششی یا فشاری موجود در موازات محور جوش ، طراحی گردند .

جدول 7 – تنشهای مجاز جوش ساختمانهای فلزی در ایران (آیین نامه ISIRI 519)

در صورت استفاده از فولاد ST37 – S یا انواع مشابه و الکترودهای عادی ، و اکتفا به کنترل کیفیت طبق نشریه شماره 23 دفتر تحقیقات و استانداردهای فنی سازمان برنامه و بودجه ، بدون انجام آزمایشات غیر مخرب ، تنشهای مجاز بر روی سطوح مؤثر عبارتند از :	
برش در جوشه گوشه	920 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
برش در جوش شیاری ، انگشتانه و کام توپر	900 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
کشش در جوش شیاری	1100 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
فشار در جوش شیاری	1400 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
در صورتی که فولاد به کار رفته ST52-S یا ST37-3 یا فولادی مشابه باشد و الکترود مصرفی از نوع E60 استاندارد بوده ، کیفیت جوشها با آزمایشات غیر مخرب پرتونگاری یا ماورای صوت تحت کنترل قرار گیرد ، تنشهای مجاز به ترتیب زیر افزایش می یابند* :	
برش در جوشه گوشه	1265 کیلو گرم بر سانتی متر مربع
برش در جوش انگشتانه و کام توپر	1265 کیلوگرم بر سانتی متر مربع
برش ، کشش ، فشار ، در جوش شیاری	برابر مقاومت فولاد به کار رفته

* تنشهای مجاز افزایش یافته آیین نامه 519 ایران مشابه تنشهای مجاز AISC,AWS می باشند .

مثال:

ارزش جوش (R_W) جوش گوشه ای با اندازه ساق 12 میلی‌متر را که الف)به وسیله جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار(SMAW) و ب)بوسیله جوش قوسی غوطه ور (SAW) اجرا شده است را به دست آورید.فرض کنید که الکترود E70 با مقاومت کششی حداقل (F_u) مساوی 4900 کیلو گرم بر سانتی متر مربع و آیین نامه AISC مورد استفاده باشد.

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

ج)همین مثال را با استفاده از تنشهای مجاز آیین نامه 519 ایران و با فرض استفاده از الکترودهای عادی محاسبه نمایید.

الف) روش SMAW

$$t_e = 0.707a = 0.707 \times 12 = 8.48mm = 0.848cm$$
$$R_w = t_e(0.3F_u) = 0.848 \times 0.3 \times 4900 = 1246.56kg/cm$$

ب) روش SAW

$$t_e = 0.707 \times 12 + 2.8 = 11.28mm$$
$$R_w = t_e(0.3F_u) = 1.128 \times 0.3 \times 4900 = 1658kg/cm$$

پ) روش آیین نامهٔ 519

$$R_w = 0.707(a)(920) = 650(a)kg/cm$$

غالب محاسبین عدد 650a را به عنوان ارزش جوش گوشه طبق استاندارد ایران در ذهن حفظ می نماید .

$$R_w = 650 \times 1.2 = 780kg/cm$$

جدول 8 – ضخامت گلوی جوشهای شیاری با نفوذ ناقص

ضخامت گلوی مؤثر (t_e)	α	موقعیت	روش جوشکاری
D-3.2 mm	$45 \le \alpha < 60$	همهٔ موقعیت ها	SMAW یا SAW
D	$\alpha \ge 60$		
D	$\alpha > 60$	همهٔ موقعیت ها	GMAW یا FCAW
D	$45 \le \alpha < 60$	افقی یا تحت	
D-3.2 mm	$45 \le \alpha < 60$	سربالا یا سقفی	
D	$\alpha \ge 60$	همهٔ موقعیت ها	EGW

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

برای روش جوشکاری قوس الکتریکی الکترود روکش دار (SMAW)

رابطهٔ (2)

$$2a\times(0.707)\times(0.3F_u)=0.4F_y.t_1$$

ضخامت صفحه مبنا احتمالاً صفحه نازکتر ورق مبنا خواهد بود .

حداکثر اندازه ساق مؤثر جوش

$$a_{\max eff}=\frac{0.4F_y.t_1}{2\times(0.707)(0.3Fu)}=0.943\frac{F_yt_1}{F_u}\qquad(2)$$

برای جوش دوطرفه- جوش چهارطرفه

و چون از یک طرف جوش شده در این مقاطع $\Rightarrow a(0.707)(0.3F_u)=0.4F_y.t_2$ پس 1a خواهیم داشت

برای جوش یک طرفه $$a_{\max eff}=1.89\frac{F_y.t_2}{F_y}\qquad(SMAW)\quad(4)$$

چون از 4 طرف جوش شده پس 4a خواهید داشت $\Rightarrow 4a(0.707)(0.3F_u)=2(0.4F_y)t_2$

الف) رابطهٔ (2) برای تنشهای مجاز ایران (519)

جوش 2 طرفه ← $2(650a)=(0.4\times2400)\times t_1$

4 طرفه $a_{\max ef}f=0.738t_2$

ب) رابطهٔ (4) برای تنش مجاز ایران (519)

جوش یکطرفه

$$650a=920t_2$$

$$a_{\max eff}=1.48t_2$$

مثال :

مطلوب است محاسبه ارزش جوش برای اتصال بال به جان شکل زیر که در ساخت آن از ورقهای فولاد ساختمانی با تنش جاری شدن 2400 کیلو گرم بر سانتی‌متر مربع،و الکترود E60(Fu=4200) استفاده به عمل آمده

است.روش جوشکاری الف)جوش با قوس الکتریکی روکش دار (SMAW) ب)قوس الکتریکی غوطه ور(SAW) میباشد.

حداقل اندازه جوش $38.1<t=40<57.1 \Rightarrow a_{\min}=8mm$ بر اساس صفحات ضخیم تر

$$a_{\max}=4.3<a_{\min}=8 \xrightarrow{\min} a=4.3$$

الف) جوش قوس الکتریکی با الکترود روکش دار

$$a_{\max eff}=0.943\frac{F_y.t_1}{F_u}=0.943\times\frac{2400\times t}{4200}=0.539t$$

$$0.539\times 8=4.3mm=0.430cm$$

برای دو جوش گوشه

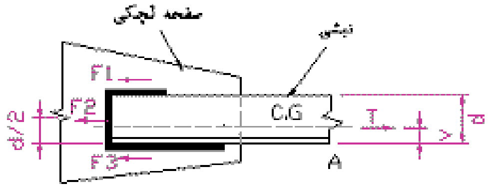
$$R_w=\underbrace{2\times 0.43\times 0.707}_{t_e}\times\underbrace{0.3\times 4200}_{\text{تنش مجاز}}=766kg/cm$$

جوش متعادل :

پاره ای از اوقات اعضای تحت تنش مستقیم محوری ، خود غیر متقارن بوده و باعث ایجاد برون محوری در اتصال جوشی می گردند .

$$\sum M_A=-F_1d-F_2d/2+T.y=0 \qquad (5)$$

$$F_1=\frac{T_y}{d}-\frac{F_2}{2} \qquad (6)$$



نیروی F_2 مساوی مقاومت واحد طول جوش آن در طول آن می باشد .

$$F_1=R_wL_{w2} \qquad (7)$$

تعادل نیروهای افقی نتیجه می دهد :

$$\sum F_H=T-F_1-F_2-F_3=0 \qquad (8)$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

از حل همزمان معادلات 6 و 8 حاصل می شود .

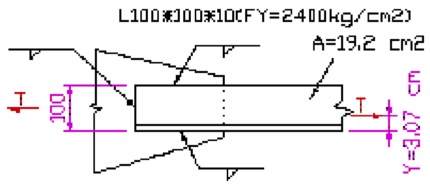
$$F_3 = T(1-\frac{y}{d}) - \frac{F_2}{2}$$

طرح اتصال شکل بالا به نحوی که اثر عدم تقارن مرتفع گردد را ، متعادل کردن جوش می نامند . روند متعادل ساختن یک جوش را می توان به صورت زیر خلاصه نمود .

$$L_{W3} = \frac{F_3}{R_w} \quad -3 \qquad F_1 = \frac{T_y}{d} - \frac{F_2}{2} \quad -2 \qquad F_2 = R_w L_{w2} \quad -1$$

مثال:

جوشهای گوشه ای طراحی نمایید که بتواند کل نیروی نبشی نشان داده شده در شکل زیر را با حداقل اثر خروج از مرکزیت منتقل سازد . فرض کنید که ورق لچکی تعیین کننده طرح نیست و از روش جوشکاری قوس الکتریکی با الکترودهای روپوش دار و SMAW ، استفاده به عمل آمده است .



$T = 0.6F_y n_g = 0.6\times2400\times19.2cm^2 = 27648kg = 27.65ton$ عضوکششی در جایی که سوراخ نداریم

حداقل اندازه ساق جوش گوشه $\xrightarrow{\text{جدول } 4} 5mm \Rightarrow \quad 5<6<8.4$

حداکثر اندازه ساق جوش گوشه = $10-1.6 = 8.4mm$

از جوش گوشه با ساق6 میلی متر و تنش مجاز آیین نامه 519

$$R_w = 0.707\times920 \Rightarrow R_w == 650a \quad (a=0.6cm)$$
$$R_w = 650\times0.6 = 390.2kg/cm$$
$$\max R_w = 0.4f_y t = 0.4\times2400\times1 = 960kg/cm$$

$960 > 390.2$ جوش کنترل کننده است

$$F_2 = R_w.L_{w2} = 390.2\times10 = 3002kg = 3.90ton$$

از تعادل لنگرها حول محوری هم امتداد با F_3

$$F_1 = \frac{27.65(3.07)-3.9(5)}{10} = 6.54ton$$

جمع نیروها می دهد :

$$F_3 = T - F_1 - F_2 = 27.65 - 6.54 - 3.9 = 17.21$$

$$L_{w1} = \frac{F_1}{RW} = \frac{6.54\times1000}{390.2} = 16.7cm \quad (take = 17cm)$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

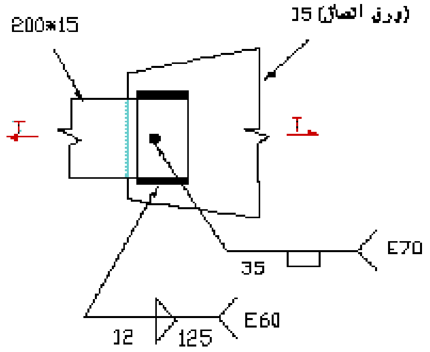
$$L_{w3} = \frac{F_3}{RW} = \frac{17.21\times1000}{390.2} = 44.1cm \quad (take = 44cm)$$

جوشهای کام و انگشتانه

مقاومت جوشهای کام و انگشتانه بر مبنای سطح صفحه برش بین دو قطعه به دست می آید .

مثال :

نیروی مجاز T را در اتصال شکل زیر تعیین کنید . در حل این مثال از تنشهای مجاز آیین نامه AISC استفاده نمایید . فولاد مصرفی از نوع فولاد نرمه با تنش جاری شدن 2400 کیلوگرم بر سانتی متر مربع بوده ، الکترود سازگار با این نوع فولاد از گروه E60 می باشد .



حل :

مقاومت R_W یک سانتی متر از جوش گوشه به اندازه ساق 12 میلی متر (1/2 سانتی متر) عبارت است از :

(بدلیل استفاده از آیین نامه AISC دیگر نمی توان از 650a استفاده کرد زیرا 650a برای آیین نامه 519 می باشد)

مقاومت جوش $R_W = 1.2(0.707)(0.3 \times 4200) = 1069.0 kg/cm$

ضخامت ورق = $15mm$

$$t > 6.4 \Rightarrow \begin{cases} \text{حداقل اندازه جوش} = 6mm \\ \text{حداکثر اندازه جوش} = 15 - 1.6 = 13.4 \Rightarrow 6 < 12 < 13.4 \end{cases}$$

که نباید از مقاومت برشی ورق اتصال تجاوز نماید .

$$R_w = 0.4 F_y . t = 0.4(2400)(1.5) = 1440 kg/cm$$

↓ مقاومت ورق

مقاومت T_1 که بوسیله جوشهای گوشه تأمین می شود عبارت است از :

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$T_1 = L_w . R_w = (2\times 12.5)\times(1069.0) = 26724.5kg = 26.72ton$$

مربوط به جوش گوشه

مقاومت T_2 در اثر جوش انگشتانه از رابطه زیر بدست می آید :

$$T_2 = \frac{\pi(3.5)^2}{4}\times(0.3\times 4200) = 12122.6kg = 12.12ton$$

مربوط به جوش انگشتانه

$$T = T_1 + T_2 = 26.72 + 12.12 = 38.84ton$$

تنش کششی تسمه را کنترل می کنیم :

$$T = 0.6F_y A_g = 0.6\times 2400\times 20\times 1.5 = 43200kg$$

$$= 43.2ton > 38.84 o.k$$

پس جوش در مقاومت اتصال کنترل کننده است : $T = 38.84ton$

اتصالات جوشی با خروج از مرکزیت :

1- بعد گلوی مؤثر جوش t_e را تعیین نموده ، مقطعی از گرده جوشها ، رسم نمایید .

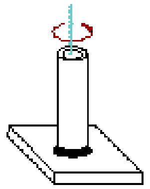
2- دستگاه مختصاتی تعیین کرده و مرکز هندسی جوشها را به دست آورید .

3- نیروهای وارد بر گرده جوشها را تعیین کنید .

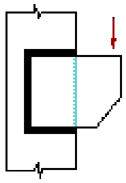
4- تنشهای در اثر برش مستقیم ، پیچش و خمش را در نقاط حساس جوشها به طور مستقل از هم پیدا کنید .

5- تنشهای به دست آمده در یک نقطه را جمع برداری نمایید .

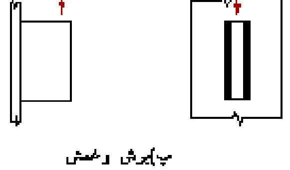
ترکیب برش و پیچش:



ب) پیچش خالص



الف)برش وپیچش



پ)برش وخمش

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

تنش مربوط به نیروی برشی مستقیم = $f' = \frac{P}{A}$

تنش مربوط به لنگرپیچشی = $f'' = \frac{Tr}{I_p}$

r= فاصله شعاعی ازمرکز هندسی تانقطه محاسبه تنش

I_p=لنگراینرسی قطبی سطح مقطع موثر جوشها

$$f'_x = \frac{P_x}{A}$$

$$f'_y = \frac{P_y}{A}$$

$$f''_x = \frac{Ty}{I_P} = \frac{(P_x e_y + P_y e_x)y}{I_p}$$

$$f''_y = \frac{Tx}{I_P} = \frac{(P_x e_y + P_y e_x)x}{I_p}$$

$$I_p = I_x + I_y = \sum I_{xx} + \sum A\bar{y}^2 + \sum I_{yy} + \sum A\bar{x}^2$$

$$I_p = 2\left[\frac{L_w (t_e)^3}{12}\right] + 2\left[L_w (t_e)(\bar{y})^2\right] + \left[\frac{t_e (L_w)^3}{12}\right] = \frac{t_e}{6}\left[L_w (t_e)^2 + 12L_w (\bar{y})^2 + L_w^{\ 3}\right]$$

$$I_p \approx \frac{t_e}{6}\left[12L_w (\bar{y})^2 + L_w^{\ 3}\right]$$

$$f_x = f'_x + f''_x$$

$$f_y = f'_y + f''_y$$

$$f_r = \sqrt{(f_x)^2 + (f_y)^2} = \sqrt{(f_x' + f''_x)^2 + (f_y' + f''_y)^2}$$

$$f_r \le F_{\text{مجاز}}$$

$$f_r = R_w = F_{\text{مجاز}} \quad t_e$$

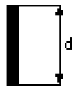
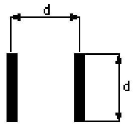
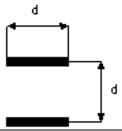
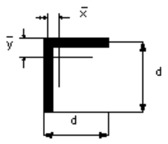
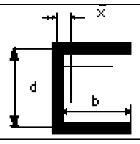
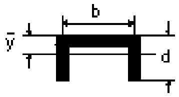
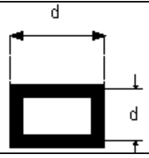
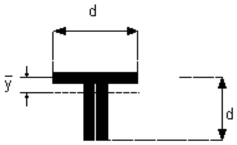
Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$t_e \geq \frac{f_r}{\text{تنش مجاز}} \quad (23)$$

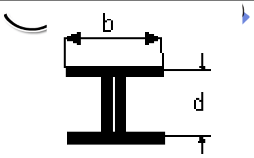
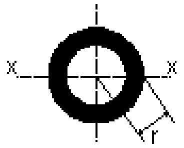
$$f_r = 650a \rightarrow a = \frac{f_r}{650}$$

$$I_p \approx \frac{1}{6}\left[12b(\frac{d}{2})^2 + b^3\right] = \frac{b}{6}\left[3d^2 + b^2\right]$$

مشخصات هندسی جوشهاباضخامت موثرواحد(جدول 10)

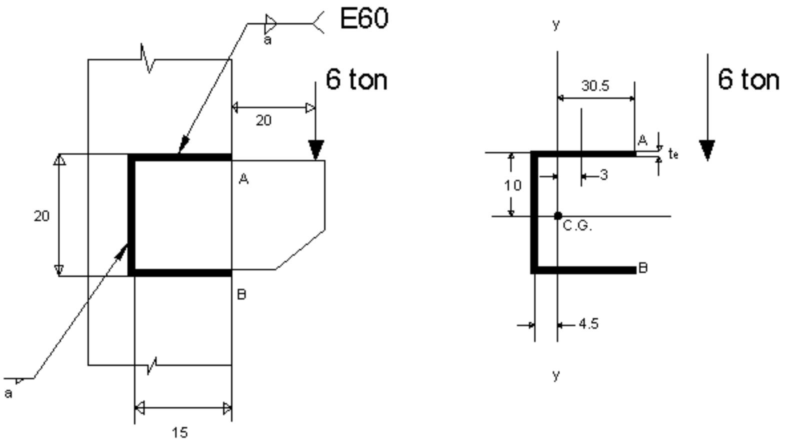
مقطع b=عرض d=ارتفاع		مدول مقطع	لنگر اینرسی قطبی، I_p حول مرکزهندسی
		$S = \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{d^3}{12}$
		$S = \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
		$S = bd$	$I_p = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$ $\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$	$S = \frac{4bd + d^2}{6}$	$I_p = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$	$S = bd + \frac{d^2}{6}$	$I_p = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{d^4}{2b+d}$
	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 6b^2d + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{2d+b}$
		$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$\bar{y} = \frac{d^2}{b+2d}$	$S = \frac{2bd + d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 8d^3}{12} - \frac{d^4}{b+2d}$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

		$S = bd + \frac{d^2}{3}$	$I_p = \frac{b^3 + 3b^2 + d^3}{S}$
		$S = \pi r^2$	$I_p = 2\pi r^3$

مثال:

اندازه جوش گوشه موردنیاز برای استفاده دراتصال شکل زیر رابافرض استفاده ازالکترودE60 باتنشهای مجازآیین نامه 519 ایران به دست آورید.درطرح اتصال ضخامت ورق تعیین کننده نبوده،جوش ظرفیت اتصال راکنترل می نماید.



حل:

حداکثرتنش درگروه جوشها،درنقاط AوB اتفاق می افتد.

بالنگرگیری حول لبه جوش قائم مرکز سطح شکل مرکب جوشها رابه دست می آوریم.

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$\overline{X}=\frac{\sum x_1A_1}{\sum A}\Rightarrow \overline{X}=\frac{2(15)(7.5)}{2(15)+20}=4.5cm$$

$$I_p=\underbrace{\frac{(20)^3}{12}+2\left[15(10)^2\right]}_{I_X}+\underbrace{2\left[\frac{(15)^3}{12}\right]+2\times15\times(3)^2+20\times(4.5)^2}_{I_Y}=4904.16\ \ Cm^3$$

روابط مورد استفاده برای محاسبه $\overline{X}$ و I_p از جدول 10 می توان استخراج کرد.همچنین داریم:

$$\overline{X}=\frac{15^2}{2\times15+20}=8\Rightarrow I_P=\frac{8\times15^3+6\times15\times20^2+20^3}{12}-\frac{15^4}{2\times15+20}=4904.16cm^3$$

$$A=2(15)+20=50\quad Cm$$

$$f'_y=\frac{Py}{A}=\frac{6\times1000}{50}=120\ \ kg/cm$$

$$f''_x=\frac{Ty}{I_p}=\frac{(6\times1000)(30.5)10}{4904.16}=373.15\quad kg/cm$$

$$f''_y=\frac{Tx}{I_p}=\frac{(6\times1000)(30.5)(10.5)}{5444.16}=391.81\quad kg/cm$$

جمع بردار تنشها،برآیند f_r رابه دست می دهد.

$$f_r=\sqrt{(373.15)^2+(120+391.81)^2}=541.13\quad kg/cm\le 920=F_{\text{مجاز}}\qquad Ok$$

با مساوی قرار دادن f_r باحداکثر مقدار مجازآن می باشد به دست می آوریم:

$$\text{لازم}\ t_e=\frac{f_r}{\text{تنش مجاز}}=\frac{541.13}{920}=0.58\quad Cm=5.8mm$$

$$\text{لازم}\ a=\frac{t_e}{0.707}=\frac{5.8}{0.707}=8.2\,mm$$

$$\text{یا}\ a=\frac{f_r}{650}=\frac{541.13}{650}=0.83\ \ cm$$

استفاده ازجوش 9 میلی متر با استفاده ازالکترود E60

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

ترکیب برش وخمش

$$f'_y=\frac{py}{A}=\frac{p}{2t_eL_w}$$

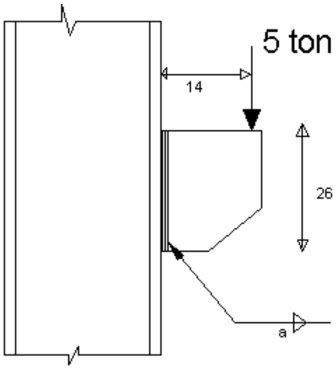
وتنش افقی ذر اثر خمش عبارت است از:

$$f''_x=\frac{Mc}{\underset{I_x}{I}}=\frac{(pe_x)(\frac{L_w}{2})}{\left[\frac{2t_e(L_w)^3}{12}\right]}=\frac{3pe_x}{t_e(L_w)^2}=\frac{M}{S}$$

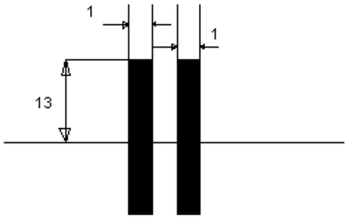
$$f_r=\sqrt{(f'_y)^2+(f''_x)^2}$$

مثال:

اندازه ساق جوش لازم برای اتصال نمایش داده شده درشکل راباستفاده ازالکترودE60 باتنش آیین نامه 519 ایران وجوشکاری به روش قوس الکتریکی باالکترود روکش دار(Smaw) به دست آورید.فرض کنید که نیمرخ ستون وورق مورد استفاده طرح راکنترل نمی کنند.



الف)تیغه نشیمن



ب)سطح مقطع فرضی جوش

حل:

تنش متوسط برشی باستفاده ازگلوی موثر1 سانتی متر عبارت است از:

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$f_y=\frac{p}{A}=\frac{5\times1000}{2(26)1}=96.15\quad kg/cm$$

$$I_x=\frac{2(1)\times(26)^3}{12}=2929.33\ \ cm^3$$

$$f_x''=\frac{Mc}{I}=\frac{(5\times1000)(14)13}{2929.33}=310.65\ \ kg/cm$$

$$f_r=\sqrt{(96.15)^2+(310.65)^2}=325.19\quad kg/cm$$

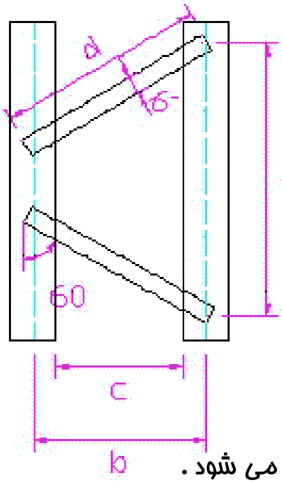
برای اندازه گلوی موثر یکسانتی متری :

$$t_{e\,\text{لازم}}=\frac{f_r}{\text{مجاز تنش}}=\frac{325.19}{920}=0.353\ m=3.53\,mm$$

$$a_{\text{لازم}}=\frac{3.53}{0.707}=4.95\ \ mm\ (\text{یا}\ a=325.19/650=0.5cm)$$ (اندازه ساق جوش)

طراحی ستون با بست های قطری

مفروضات L & p



روش طراحی :

1) محاسبه طول موثر ستون در دو جهت $[(KL)_y$ و $(KL)]_x$ max

2) انتخاب یک پروفیل اولیه (فرض F_a) یا انتخاب شعاع ژیراسیون تقریبی:

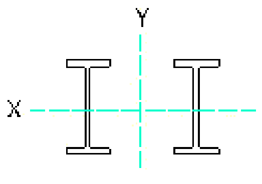
با داشتن r ، $(\frac{kL}{r})$ را پیدا می کنیم و F_a تعیین می شود ⟵ A مورد نیاز حاصل می شود .

3) چک کردن مقطع انتخابی مطابق بندهای زیر

4) محاسبه $(\frac{KL}{r})_x$ و $(\frac{KL}{r})_y$

5) تصحیح لاغری در جهتی که جان تو پر را قطع نمی کند .

(در اینجا در جهت y)

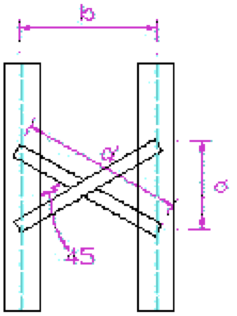


$$\begin{cases}(\frac{K'L}{r})_y=(\frac{KL}{r})_y\sqrt{1+\frac{300}{(\frac{KL}{r})^2_y}} & (\frac{KL}{r})_y>40\\ (\frac{K'L}{r})_y=1.1(\frac{KL}{r})_y & (\frac{KL}{r})_y\le 40\end{cases}$$

6) با توجه به لاغری حداکثر

$$(\frac{KL}{r})_{max}=\max\left[(\frac{KL}{r})_x\ ,\ (\frac{K'L}{r})_y\right]\Rightarrow$$ محاسبه F_a

7) کنترل مقطع



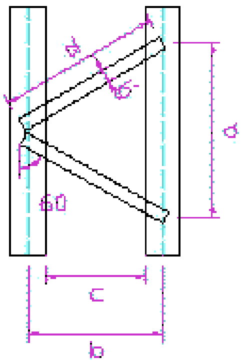
انتخاب پروفیل بزرگتر $P_a = Fa \times A \geq P \quad ok \Rightarrow if\ not \quad Try\ Agin\ p_a < p \Rightarrow$ قابل تحمل

کنترل مقطع و در صورت نیاز تغییر مقطع و تکرار مراحل فوق

8) کنترل b/t برای کلیه ورقهای مقطع مراجعه ص 320 و ص 564

طراحی قوطی ها یا قیدهای مرکب مطابق زیر

9) محاسبه فاصله a



بست تکی $a = 2b\tan 30$

بست دوبل $a = b\tan 45$

کنترل $a < 38cm$ (برای بست تکی)

اگر $a > 38cm$ باید از نبشی استفاده کنیم یا از بست دوبل

ستون های مشبک

ادامه طراحی بست های قطری :

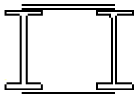
$a = 2btg30$ یا $a = btg45$

1) $a \leq 38cm$ تسمه

2) $a > 38cm$ نبشی و یا بست دوبل

3) کنترل کمانش پروفیل تک در حد فاصل دو بست متوالی

$$\frac{a}{r_1} \leq \left(\frac{KL}{r}\right)_{max}$$



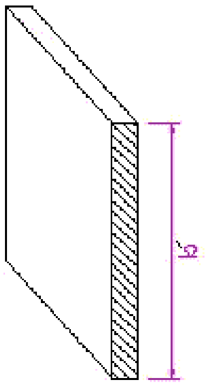
شعاع ژیراسیون min تک پروفیل

r_1 مربوط به یک پروفیل

4) محاسبه d

بست تکی $d = \dfrac{c}{\cos 30}$

بست دوبل $d = \dfrac{c}{\cos 45}$



5) کنترل لاغری تسمه 200 و $\dfrac{d}{rd} \leq 140$ (دوبل / تکی) (r_d شعاع ژیراسیون حداقل تسمه)

$$I = \frac{1}{12}b't^3 \qquad r = \sqrt{\frac{b't^3}{12b't}} = \sqrt{\frac{t^2}{12}}$$

$$r_{min} = \frac{d}{140} \qquad \Rightarrow$$

$$A = b't \qquad r_{min} = \frac{t}{\sqrt{12}} = 0.288t$$

پس

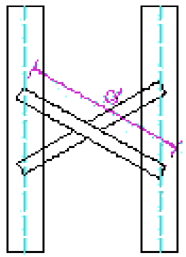
Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$r_{min} > \frac{d}{140} \quad \rightarrow \quad 0.288t > \frac{d}{140} \quad \& \quad 0.288t > \frac{d}{200}$$

تکی   دوبل

اگر شرایط بالا صادق نبود یعنی $r_{min} < d/140$ باید تسمه را قویتر بگیریم

6) محاسبه تنشی مجاز فشاری برای تسمه



برای اعضای فرعی

برای تکی $\frac{d}{rd} \rightarrow Fa$ (بدست می آید)

7) محاسبه مساحت ورق تسمه

نیروی فشاری وارد بر تسمه

$$A_{req} = \frac{F}{F_a}$$

نیروی برشی

$$F = \frac{V}{n} \sin\alpha$$

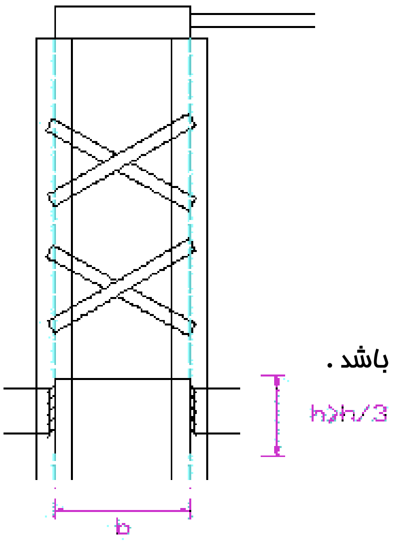
تک = 2
دوبل = 4

تسمه تک 60
تسمه دوبل 45

در واقع برش نداریم اما اگر کمانش روی بدهد یک برش $0.02p$ در نظر می گیریم .

8) محاسبهٔ b' با توجه به A_{req}

$$A_{req} = b'.t$$



قید انتهایی و قید میانی

1) عرض صفحه حداقل برابر با فاصله دو پروفیل b

2) $t \geq \frac{1}{50} b$ ضخامت ورق

3) قید میانی $h \geq \frac{b}{2}$
قید انتهایی $h \geq b$

4) مجموع خط جوش در هر طرف صفحه باید بزرگتر یا مساوی h/3 باشد .

طرح ستون با بست های افقی

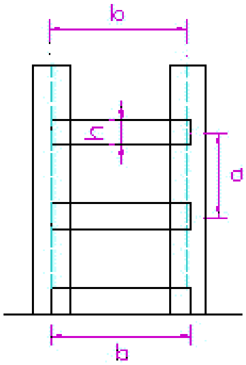
1- محاسبه طول مؤثر ستون KL

2- حدس پروفیل اولیه

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

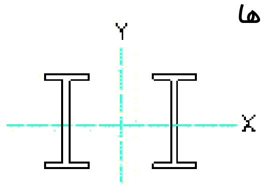
3- کنترل پروفیل اولیه مطابق موارد زیر :

a) بدست آوردن ابعاد تسمه ها



$$h \geq \%42b$$

$$t \geq \frac{1}{35}b$$



محاسبه

b را طوری انتخاب می کنیم که: $(\frac{KL}{r})_x \cong (\frac{KL}{r})_y$

چون اگر حول x قوی باشد حول y کمانش می کنند .

b) محاسبه فاصله بست ها

$$a = \frac{53000 \times A_b \times h}{p}$$

(a: cm ، A_b: th=cm^2 ، 53000: 1/cm^2 ، h: cm ، p: kg)

4) محاسبه لاغری پروفیل مرکب و تک پروفیل

$$\frac{a}{r_1} \leq 40 \longrightarrow \text{باید} \quad \frac{a}{r_1} < \frac{2}{3}(\frac{kl}{r})_{max}$$

$$\frac{a}{r_1} > 40 \Longrightarrow$$ مقدار a را کاهش داد

لاغری کل پروفیل مرکب باید مطابق رابطه زیر (کمانش حول محوری که جان مشبک) را قطع کند (جان تو پر را قطع نکند)

از هر دو رابطه می توان استفاده کرد

$$\frac{K'L}{r} = \sqrt{(\frac{KL}{r_y})^2 + \frac{\pi^2}{12}(\frac{a}{r_1})^2}$$

$$\frac{K'L}{r} = \sqrt{(\frac{KL}{r_y})^2 + \frac{m}{2}(\frac{a}{r_1})^2}$$

(m: تعداد پروفیل)

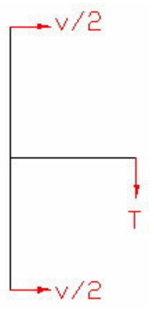
7) محاسبه تنش مجاز فشاری با توجه به لاغری حداکثر

(a بیش از 5ocm نمی گیرند و معمولاً 40 cm می گیرند .)

$$\begin{cases} (\frac{KL}{r})_x \\ (\frac{KL}{r}) \end{cases} \Rightarrow (\frac{KL}{r})_{max} \Rightarrow F_a$$

8) کنترل پروفیل انتخابی موجود $P_a = F_a.A \geq P$ قابل تحمل

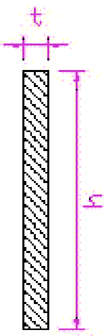
9) کنترل دقیق قیرهای افقی



$V =$ برش موجود $+ 0.02P$

$$T = \frac{a}{b}v \quad , \quad M = \frac{T \times b}{4}$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9



$$0.66F_y = F_b = 1584 kg/cm^2$$

$$s_{req} = \frac{M}{F_b}$$

$$s = \frac{I}{c} = \frac{th^3/12}{h/2} = \frac{th^2}{b}$$

موجود

با داشتن t معلوم

$$t_{min} = 10mm \qquad t_{max} \cong 8mm$$

طراحی ستون

مثال: مطلوبست طراحی ستونی مرکب از دو نیمرخ UNP این ستون تحت نیروی فشاری محوری برابر با 100 T قرار دارد و از پیوند افقی استفاده خواهد شد ارتفاع ستون 5 متر و ضریب K در دو جهت برابر با 1.2 و 1 معین شده است .

با فرض تنش مجاز $= 0.45F_y = 0.45 \times 2400 = 1080 kg/cm^2$

$$A = \frac{p}{F_a} = \frac{100 \times 10^3}{1080} = 92.6cm^2 \rightarrow \frac{92.6}{2} = 46.3cm^2 \rightarrow Chooz 2UNP240$$

$$UNP240 \quad A_{prov} = 2 \times 42.3 = 84.6cm^2$$

$$(A = 42.3cm) r_x = 9.22cm, r_y = 2.40cm, I_x = 3600cm^4, I_y = 248cm^4$$

$$(\frac{kl}{r})_x = \frac{1 \times 500}{9.22} = 54.2 \Rightarrow B = \frac{(\frac{kl}{r})}{c_c} = \frac{54.2}{129} = 0.42 < 1$$

$$F.S = 1.67 + 0.375 \times 0.42 - 0.125 \times 0.42^3 = 1.82$$

$$F_a = \frac{F_y}{F.S}(1 - 0.5B^2) = \frac{2400}{1.82}(1 - 0.5 \times 0.42^2) = 1260.53 kg/cm^2$$

$$A_{req} = \frac{p}{F_a} = \frac{100 \times 10^3}{1260.53} = 79.33 < 84.6 = A_{req} \quad ok$$

لذا مقطع انتخابی مناسب می باشد (2 UNP 240)

حال به طراحی قیود افقی می پردازیم .

برای طرح قطعه باید داشته باشیم :

20 × شعاع ژیراسیون حداقل نیمرخها $\leq$ فواصل جان دو نیمرخ اصلی

2.42 × 20 = 48.4 $\leq$ فواصل جان دو نیمرخ اصلی

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

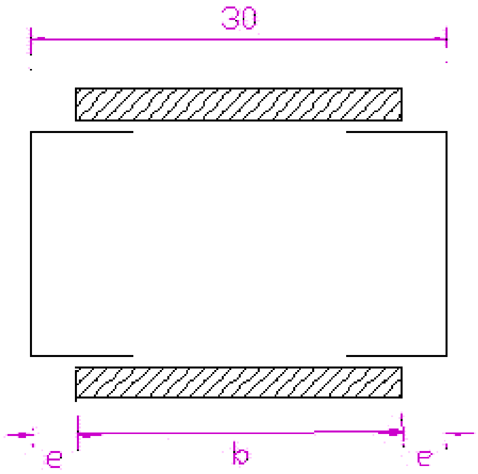
اگر بیرون به بیرون دو عضو اصلی را 30 cm بگیریم خواهیم داشت :

$$b+2e=30 \Rightarrow b=30-2\times2.23=25.54cm$$

$$I_y=2(I_y+Ad^2)=2(248+42.3\times12.77^2)=14292cm^4$$

$$r_y=\sqrt{\frac{I_y}{A}}=\sqrt{\frac{14292}{2\times42.3}}\cong13.0cm$$

$$(\frac{kl}{r})_y=\frac{1.2\times500}{13}=46.2$$



پیوند افقی را بـه صورت زیر انتخاب می کنیم :

$$h\geq0.42b \Rightarrow h\geq0.42\times25.54=10.73$$

$$t\geq b/35=\frac{25.54}{35}=0.73$$

$$PL140\times10$$

فواصل مرکز به مرکز پیوندها $a\geq2.5h=2.5\times14==35cm$

$$\frac{a}{r_1}\leq\frac{l}{2r}=\frac{500}{2\times9.22}=27.11$$

$$\frac{a}{r_1}\leq27.11 \Rightarrow \qquad 27.11\times2.42=65.6\geq a\geq35cm$$

لذا فواصل مرکز به مرکز پیوندها (ca) را برابر 50 سانتی متر می گیریم $(k'\frac{l}{r})_y$ را تعیین می نماییم .

$$\begin{cases}(k'\frac{l}{r})_y=\sqrt{(\frac{kl}{r})^2{}_y+\frac{m}{2}(a/r_1)^2}=\sqrt{46.2^2+2/2\times(\frac{50}{2.42})^2}=50.6\\ (\frac{kl}{r})_x=54.2 \qquad control\end{cases}$$

لذا محاسبات بر اساس $(k\frac{l}{r})_x$ صحیح بوده و نیاز به محاسبه مجدد F_a نمی باشد.

کنترل قیدها :

$$V=0.02p=0.02\times100\times10^3=2000kg$$

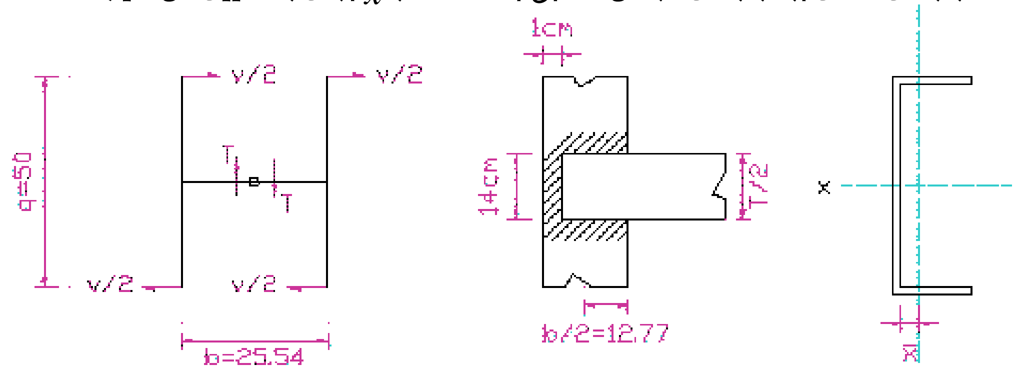
$$T=\frac{a}{,}v=\frac{50}{25.54}\times2000=3916kg, M=T\times\frac{b}{4}=3916\times\frac{25.54}{4}=25004kg.cm$$

نیروی برشی در هر پیوند

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

حال جوش را برای برش T/2 طراحی می کنیم.

برای اینکه مرکز ثقل اتصال بر مرکز ثقل ناودانی منطبق باشد ، مقدار $\bar{x}$ جوش را معیین می کنیم .



$$s=\frac{th^2}{6}=\frac{0.1\times 14^2}{6}=3.27cm^2 \quad , \quad F_b=\frac{m}{s}=\frac{25004}{3.22}=7646.4<0.6F_y=1440\ o.k$$

$$f_v=\frac{T_2}{A}<F_v \Rightarrow f_v=\frac{3916/2}{14\times 1}=139.9<920\ o.k$$

تعیین مشخصات هندسی جوش برای بعد جوش واحد

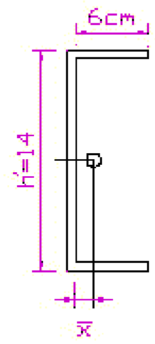
فاصله تا لبه ناودانی = 1cm

ضخامت جوش : 1 cm

فاصله 2cm

عرض بال 8.5 cm

total: 6.5 cm take 6 cm



(با فرض ضخامت 1 cm برای جوش)

$$A=14+2\times 6=26cm^2$$

$$I_p=I_x+I_y \qquad \bar{x}=\frac{2\times 6\times 3}{2\times 6+14}=1.38cm$$

$$I_p=\underbrace{\frac{1}{2}\times 14^3+2[6\times 7^2]}_{Ix}+\underbrace{2\times(\frac{63}{12})+2\times 6\times(3-1.38)^2+14\times 1.38}_{Iy}=903.5cm^4$$

برش مستقیم

$$f_y'=\frac{p_y}{A}=\frac{3916/2}{26}=150.6Kg/cm$$

تنش مربوط به پیچش

$$f_x=\frac{M.y}{I_p}=\frac{25004\times 7}{903.5}=193.72kg/cm$$

$$f_x'=0$$

$$f_y''=\frac{M.x}{I_p}=\frac{25004\times(6-1.38)}{903.5}=127.85kg/cm$$

$$f_r=\sqrt{(f_x'+f_x'')^2+(f_y'+f_y'')^2}=\sqrt{(0.193.72)^2+(150.6+127.85)^2}=339.2kg/cm$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

$$650a=339.2\Rightarrow a=0.52cm\Rightarrow a=6cm$$

انتخاب می شود

مثال:

مطلوبست طرح ستونی مرکب از چهار نبشی با بست چپ و راست مطابق شکل زیر این ستون باری برابر بـا 255 تن را تحمل خواهد کرد . طول کمانش ستون 880 سانتی متر و اتصالات آن جوش و نوع فـولاد آن از نـوع فـولاد نرمه است .

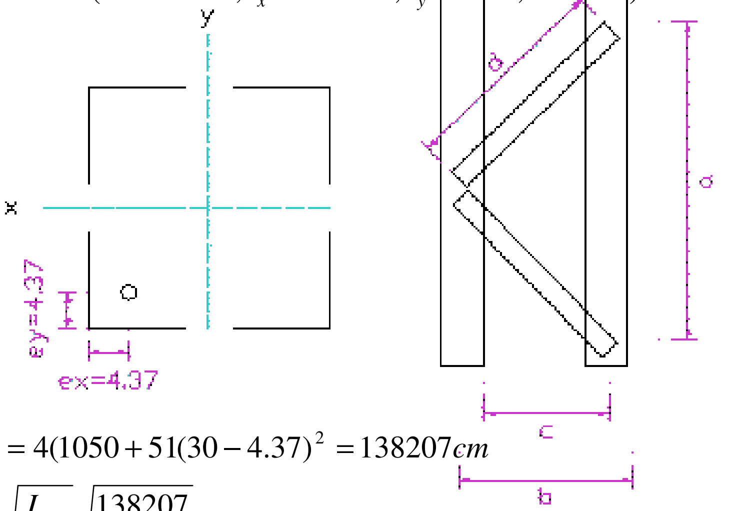
حـل :

$$A=\frac{p}{F_a}=\frac{255\times10^3}{0.45\times2400}=236cm^2 \qquad ,$$

$$A/4=59cm \rightarrow take \quad L\ 150\times18 \quad A=51cm^2 Atotal=4\times5=204cm^2$$

چهار نبشی 18× 150 L را امتحان می کنیم ، اگر ابعاد بیرونی ستون را 60 × 60 بگیریم خواهیم داشت .

$$4L\ \ 150\times8(A=51cm^2, r_x=4.54cm, r_y=2.93, e=4.37)$$



$$I_y=I_x=4(1050+51(30-4.37)^2=138207cm$$

$$r_y=r_X^2\sqrt{\frac{I}{A}}=\sqrt{\frac{138207}{4\times51}}=26.03cm$$

$$(\frac{kl}{r})_x=\frac{880}{26.3}=33.8=(\frac{kl}{r})_y<40\Rightarrow(\frac{k'}{l})r=1.1(\frac{kl}{r})_y=$$

$$(\frac{k'l}{r})_y=1.1\times33.8=37.18 \quad cont\Rightarrow B=(\frac{kl}{r})m=\frac{37.18}{129}=0.29<1$$

$$c_c$$

$$F.S=1.67+0.37B-0.125B^3=1.77\Rightarrow F_a=\frac{F_y}{F_s}(1-0.5B^2)=1310kg/cm^2$$

$$A_{req}=\frac{255\times10^3}{1310}=194cm^2<4\times51=204cm^2 o.k$$

مقدار برش برای محاسبه بستهای چپ و راست برابر است با :

$$v=0.02p=0.02\times255\times10^3=5100kg$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

نیرو در یک بست $F=\frac{1}{2}\times 5100/\sin 60=2944kg$

اگر طول آزاد بستها را بر اساس فواصل مراکز ثقل اعضای اصلی ستون بگیریم مقدار آن خواهد شد :

$$d=l'=\frac{c}{\cos 30}\ or\ {}^{c}\!/_{\sin 60}\Rightarrow d=\frac{(60-2\times 4.37)}{\cos 30}=59.2cm$$

با فرض $F_a=1000kg/cm^2$ $A_y=\frac{2944}{1000}=2.944cm^2\rightarrow take l40\times 4$

$r_{min}=0.78cm$

$A_{prov}=3.08cm^2$

کنترل لاغری تسمه

تکی

$$\frac{d}{r_d}=\frac{kl}{r}\leq 140\ \Rightarrow\ \frac{59.2}{0.78}=75.9<140ok$$

$$\frac{kl}{r}=75.9\rightarrow F_a=1069kg/cm^2\Rightarrow A_{req}=\frac{2944}{1069}=2.7cm^2<\overset{Aprov}{3.08cm^2}\ ok$$

محاسبه فاصله a

$a=2b\tan 30$ بست تک $=2\times(60-2.43\times 2)=59.2cm$

$a>38cm\rightarrow$ باید از نبشی یا تسمه دوبل استفاده گردد

کنترل کمانش پروفیل تک در حد فاصله دو بست متوالی

$$\frac{a}{r_1}\leq(\frac{kl}{r})_{max}\Rightarrow\frac{59.2}{2.93}=20.2<37.8\quad ok$$

طراحی ورقهای دو سر ستون

عرض صفحه حداقل $\geq$ فاصله دو پروفیل

$b\geq[(60-2\times 40)7]=51.29\sim 52cm$

$\rightarrow take=52cm$

طول صفحه = 52cm

طول صفحه انتهایی $h\geq b\Rightarrow take\ h=52cm$

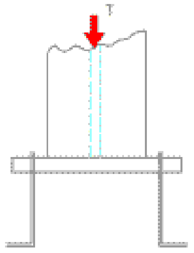
ارتفاع صفحه = 52cm

$t\geq {}^{b}\!/_{50}=\frac{52}{50}=1.04$

ضخامت صفحه =1.1cm

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

طراحی صفحات زیر ستونی :



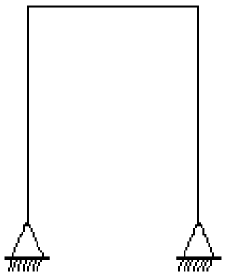
منابع: کتاب کف ستون ها قالیبافیان،اتصالات شاپور طاحونی

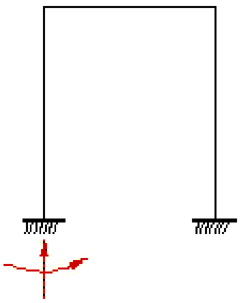
ترجمه AISC مقررات ملی ساختمانها

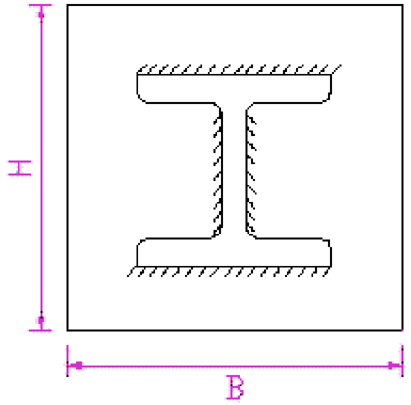
طراحی ها در دو قسمت انجام میشود.

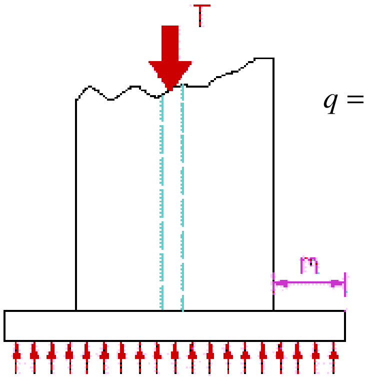
1 = ستونهای فاقد لنگر خمشی

2 = ستون های توأم با لنگر خمشی





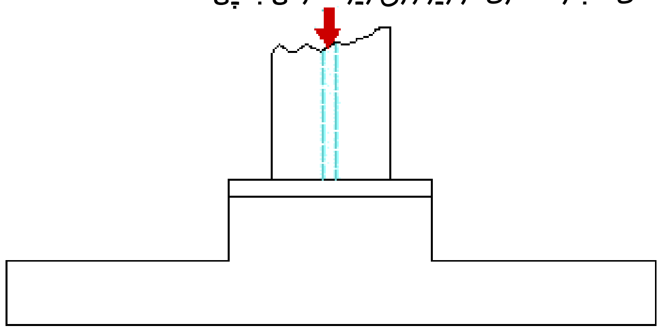


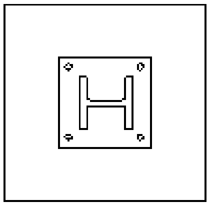


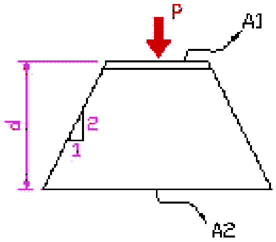
تنش در زیر ورق $q = \dfrac{P}{BH} \leq F_p$

تنش مجاز فشاری در زیر ورق زیر ستونی با پی ساده

$$F_p = 0.35 f'_c \rightarrow 210 - 250 kg/cm^2$$







$$A_1 = B \times H$$

$$A_2 = (B + 4d)(H + 4d) \qquad F_p = 0.35 f'_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 0.7 f'_c$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

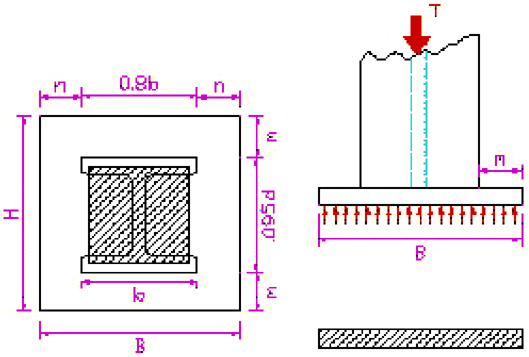
تنش مجاز فشاری در زیر ورق زیر ستونی (پایی شیبدار) و یا برای وقتی که سطح پی از سطح ورق زیر ستونی بزرگتر باشد .

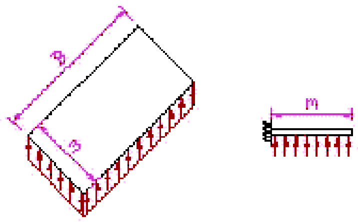
چگونگی بدست آوردن سطح ورق زیرستونی

معلوم $p \rightarrow A_{req} = \dfrac{p}{F_p}$ ، تنش مجازی فشاری بتن (f'c) ، $0.35 f_c'$

اگر اثر باد را بخواهیم در نظر بگیریم ⟹ $A_{req} = \dfrac{p}{1.33 F_p}$

یعنی افزایش تنش فشاری تمامی به میزان 33 درصد به خاطر بودن اثر باد در ترکیب بارگذاری می باشد. ابعاد ورق باید نزدیک به مربع باشد ، البته بعضی از طراحان عقیده دارند که برای مساوی شدن m و D بهتر است که ابعاد ورق (یعنی B و N) به مقدار کمی با یکدیگر اختلاف داشته باشند .





1

1) پیدا کردن ابعاد ورق

2) پیدا کردن ضخامت ورق زیرستونی

$$\left.\begin{array}{l} m = (H - 0.95d)/2 \\ n = (B - 0.8b)/2 \end{array}\right\} \Rightarrow \max$$

حاکم است

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{2} \rightarrow M_{\max} = q\frac{m^2}{2}B \quad , \quad s_{req} = \frac{M}{F_b} = \frac{qm^2B}{2F_b} \; S = \frac{bt^2}{6}$$

$$\frac{bt^2}{6} = \frac{qm^2B}{2F_b} \Rightarrow t^2 = \frac{3qm^2}{F_b} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{3qm^2}{F_b}} \qquad F_b = 0.75 f_y$$

$$t = \sqrt{\frac{3qn^2}{F_b}}$$

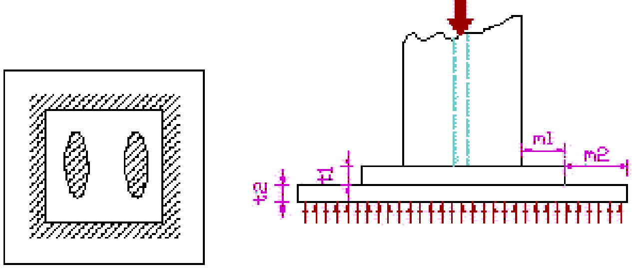
اگر n کنترل کننده بود

حداقل ضخامت ورق زیرستون بزرگتر از 10mm باید باشد $t_{min} > 10mm$

برای ساختمانهای 2 الی 3 طبقه 20mm می باشد .

ماکزیمم ضخامت ورق که در ایران موجود است 30mm

برای ضخامت های بیشتر از ورق دوبل استفاده می شود .



Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

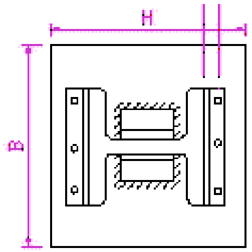
$t_1 + t_2 \leftrightarrow m_1$

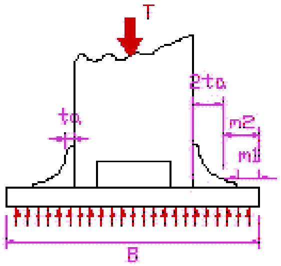
$t_2 \leftrightarrow m_2$

نحوه جوش دادن دو صفحه به
یکدیگر برای جلوگیری شدن
از پدیده بشقابی در کشش

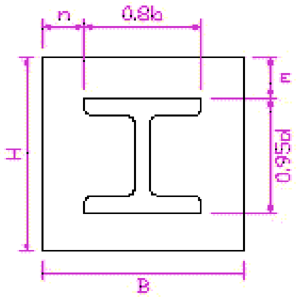
$m \leftrightarrow t_p + t_a$

$m_1 \leftrightarrow t_p$





معمولاً از نبشی کمتر از $L80\times80\times8$ استفاده نمی شود متعارفترین نبشی L100× 100 ×10mm می باشد اتصال با نبشی بهترین اتصال است .



$m = (H - 0.95d)/2$

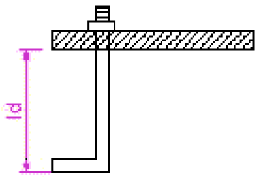
$n = (B - 0.8b)/2$

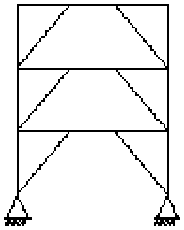
$\frac{P}{A} \leq qa \sim 0.35 f_c'$

صفحه زیرستونی تحت اثر توام نیروی محوری و لنگر خمشی

توضیح در مورد خود bolt ها

چون از میلگرد ساخته می شوند فولاد نرمه پیچ A307 و پیچ با فولاد نرمه باید در نظر بگیریم.



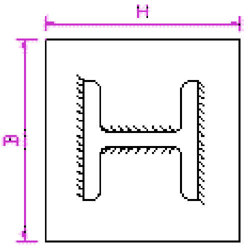


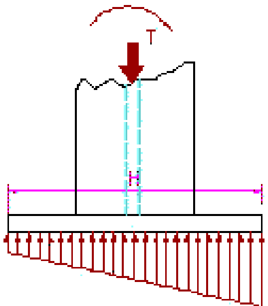
نکته : این نوع بادبند چون به
طور کامل جلوی انتقال
جانبی را نمی گیرد

$k \neq 1$

لنگر ناشی از خروج از مرکزیت = m

m=pe





$$\frac{P}{A}+\frac{mc}{I}\leq qa \qquad\qquad \frac{P}{A}-\frac{mc}{I}$$

تا وقتی که $e\leq H/6$ تنش ذوزنقه ای است.

$$f_c=\frac{P}{A}+\frac{Mc}{I}=\frac{p}{BH}+\frac{Pe(H/2)}{\frac{1}{12}BH^3}\rightarrow f_c=\frac{P}{BH}(1+\frac{6e}{H})$$

$$B=\frac{P}{f_cH}(1+\frac{6e}{H})\rightarrow$$

حداقل B ، اگر تنش تنش مجاز باشد

تنش مجاز زیر ورق (برای تنش مجاز حداقل B را می دهد)

الف : $e\leq H/6$

ب : $\frac{H}{6}\leq e\leq H/3$

ج : $e\geq H/3$

الف) $e\leq H/6$

1- انتخاب H ← H=20+d تخمین اولیه

2- محاسبه حداقل B در نهایت انتخاب B

$$B_{min}=\frac{p}{f_cH}(1+\frac{6e}{H}) \qquad f_c=0.35f'_c$$

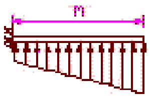
3- محاسبه تنش در زیر ورق

$$F=\frac{p}{A}\pm\frac{mc}{I}$$

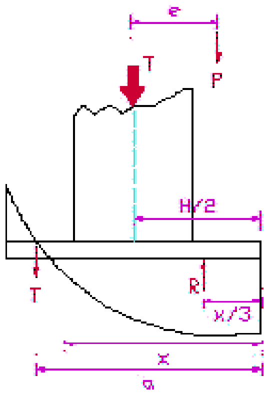
4- محاسبه ضخامت ورق

$$S=\frac{M_{max}}{f_b=0.75f_y}\rightarrow 4=\sqrt{\frac{6M_{max}}{B(0.75)F_y}}$$

ورق را مثل یک تیر طره ای در نظر



5- میل مهاری حداقل برای 2P٪ معمولاً طراحی شده است .



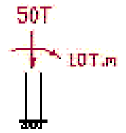
ب) $\frac{H}{6}\leq e\leq\frac{H}{3}$

طول ناحیه تحت فشار = x

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

فرض می گردد برآیند نیروی فشاری P و تنش f_c در یک محل قرار دارند پس T باید صفر باشد

$$x/3 + e = H/2 \quad \Rightarrow \quad \text{طول ناحیه تحت فشار} \quad x = 3(\frac{H}{2} - e)$$



اگر در یک ستون $e = \frac{M}{p} = \frac{10}{50} = 0.2m \Leftarrow M = pe \Leftarrow p = 50ton, M = 10_{ton}$

با فرض T≃0 کشش $\frac{\downarrow p}{\uparrow R}$ پس $p = 0.5B_x f_c$

$$B = \frac{2p}{xf_c} \qquad T = 0 \qquad B = \frac{2p}{xf_c}$$

$f_c = 0.35 f_c'$ هم می تواند باشد

مراحل طراحی (با P و e مشخص)

1- انتخاب مقداری برای H

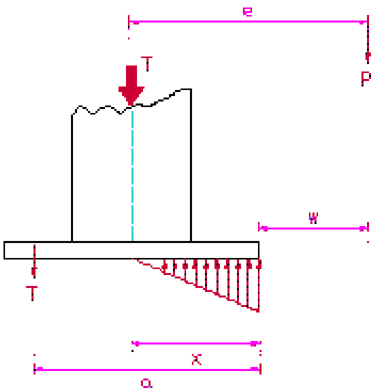
2- محاسبه x

3- محاسبه حداقل B لازم

4- محاسبه تنش واقعی در زیر ورق $f = 2\frac{p}{Bx}$

5- محاسبه ضخامت ورق $t = \sqrt{\frac{6M}{B(0.75 f_y)}}$

6- محاسبه میله مهاری حداقل چون $T = 0$



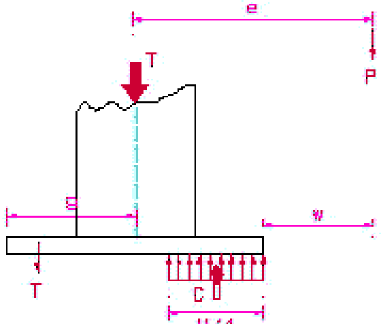
ج) $e \geq H/3$

در واقع M بوده که پس از تبدیل به نیروی محوری از لبه ورق بیرون زده

مراحل طراحی (ج)

1- انتخاب H

2- محاسبه مقادیر اولیه برای B و A_{st} مطابق روابط زیر :



$$\left(\frac{H}{2}-\frac{H}{8}\right)$$

برآیند نیروی فشاری $C=-P\dfrac{g+e}{g+\frac{3}{5}H} \rightarrow \sum M_t=0 \rightarrow C\times(g+\frac{3}{8}H)+P(e+g)=0$

$$B=\frac{C}{f_c\times \frac{H}{4}} \quad , \quad T=P\frac{e-\frac{3}{8}H}{g+\frac{3}{8}H} \rightarrow A_s=\frac{T}{fs} \rightarrow$$

تنش مجاز=0.35 F'C

تنش مجاز کششی= $0.33f_u=b01t$

$A307$

$$\sum m_c=0 \rightarrow +T(g+\frac{3}{8}H)-P(e-\frac{3}{8}H)=0$$

$$W+\frac{H}{8}=e-\frac{H}{2}+\frac{H}{8}=e-\frac{3}{8}H$$

چون کل T را وارد کردیم A_s کل مساحت bolt ها است . تقسیم بر تعداد می کنیم برای یک bolt بدست می آید . مربوط به سمت کشش در عمل طرف دیگر هم همین مقدار می گذارند

$$n=\frac{E_S}{E_C}$$

$$W=\frac{6nA_s(a+w)}{B} \rightarrow (e-\frac{H}{2})$$

$$e>\frac{H}{2} \rightarrow +w$$

$$e<\frac{H}{2} \rightarrow -w$$

3- محاسبه دقیق x

$X^3 \pm 3wx^2+Wx=Wa \Rightarrow x$ معلوم

$$w=e-\frac{H}{2}$$

4- تصحیح کشش T یا کنترل

دقیق $T=P\dfrac{x\pm 3w}{3a-x} \Rightarrow f_s=\dfrac{T}{A_s}\leq F_s$ معمولاً $80kg/cm^2 or 0.33f_u$

f_s: تنش در میل مهاری

5- کنترل B

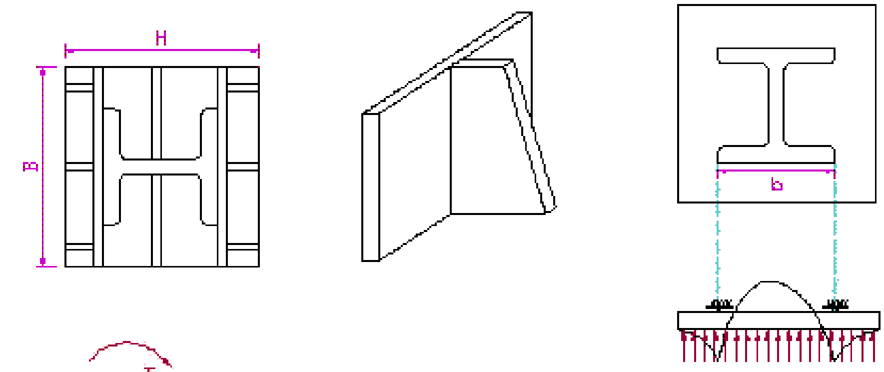
تنش موجود $f_c=\dfrac{2(p+T)}{B_x}\leq F_c \rightarrow$ تنش مجاز

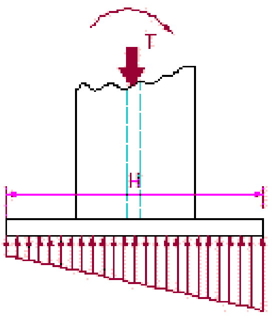
اگر جواب نداد f_c تنش موجود را تنش مجاز می گذاریم تا B بدست آید .

6- ضخامت ورق

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

روش سوم : Stifner





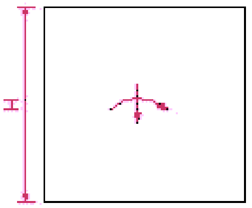
ورق بر اساس لنگر max باید طرح شود .

$$I = \frac{1}{12} B^3 H$$

$$c = \frac{B}{2}$$

اگر هم نیروی محوری و لنگر خمشی داشته باشیم

در هر صورت



$$q_{\max} \leq F_p$$

$$q_A = \frac{p}{A} \qquad I = \frac{1}{12} B^3 H$$

$$\Rightarrow q = \frac{P}{A} \pm \frac{mc}{I}$$

$$q_B = \frac{mc}{I} \qquad C = \frac{B}{2}$$

گام به گام طراحی ورق پای ستون وقتی که نقطه نیروی محوری وجود داشته باشد.

1- $A_{req} = \frac{p}{F_p}$ تنش فشاری مجاز بین ورق پای ستون و شالوده. $= F_p = 0.35 f_C'$

2- تعیین m و n $n = 0.5(B - 0.8b), m = 0.5(N - 0.35d) \Leftarrow$

3- با فرض m = n ، m و D بدست آمده از گام 2 را با هم برابر قرار می دهیم و B را بدست می آوریم.

4- با تعیین B و H به گام 2 رفته m و n را محاسبه کرده سپس به گام 4 بر می گردیم و $n,\ m_{\max}$ را انتخاب می کنیم (در صورتی که $m \neq n$ فرض کنیم و در همان گام 1 به دست آمدن A ابعاد ورق را پیدا کنیم)

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

-5

$$A = B \times H \qquad q = \frac{p}{A} \le F_p$$

مساحت صفحه

-6 تعیین ضخامت صفحه

اگر **n** max باشد $\Rightarrow \quad t = \sqrt{\dfrac{39n^2}{0.75 f_y}}$

اگر **m** max باشد $\Rightarrow \quad t = \sqrt{\dfrac{39m^2}{0.75 f_y}}$

مثال:

مطلوبست طراحی یک ورق پای ستون برای ستونی از نیمرخ IPB 360 که باری معادل 300 تن ناشی از بار مرده ، زنده و باد را تحمل می نماید . فولاد ستون و ورق پای ستون از نوع نرمه با تنش جاری ستون 2400 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد . تنش فشاری مجاز بین ورق پای ستون و شالوده را 70 کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر بگیرید.

حل :

اغلب طراحان ترجیح می دهند که ورق پای ستون را به عوض بارهای وارد بر ستون ، برای ظرفیت کامل ستون طراحی نمایند . در این صورت اتصال ضعیف ترین جزء عضو نخواهد بود . البته تعیین ظرفیت باربری مجاز ستون باید بر پایه ملاحظات کمانشی آن صورت بپذیرد. در این مثال ، ورق پای ستون برای بار موجود طراحی خواهد شد :

الف) تعیین ابعاد ورق

$$A = \frac{P}{1.33 f_p} = \frac{300 \times 10^3}{1.33 \times 70} = 3222 cm^2$$ لازم

افزایش تنش فشاری تماسی به میزان 33 درصد به خاطر بودن اثر باد در ترکیب بارگذاری می باشد . ابعاد ورق باید نزدیک به مربع باشد . البته بعضی از طراحان عقیده دارند که برای مساوی شدن m و n بهتر است که ابعاد ورق (یعنی B و N) به مقدار کمی با یکدیگر اختلاف داشته باشند .

$$0.8b = 0.8 \times 30 = 24cm \quad , \quad 0.95d = 0.95 \times 36 = 34.2cm$$
$$n = 0.5(B - 0.86) = 0.5(B - 24),$$
$$m = 0.5(N - 0.95d) = 0.5(N - 34.2)$$

با فرض m = n داریم :

$$0.5(B-24) = 0.5(N-34.2) \quad \Rightarrow \quad B = N - 10.2 \quad , \quad B \times N = 3222$$
$$(N-10.2)N = 3222 \ , \ N^2 - 10.2N - 322 = 0 \ \Rightarrow N = 62.09cm$$
$$B = 62.09 - 10.2 = 51.89cm \quad \Rightarrow \quad N = 62, B = 52cm$$

موجود $A = 62 \times 52 = 3224cm^2$

$$n = 0.5(52-24) = 14cm \quad , \quad m = 0.5(62-34.2) = 13.0cm$$

موجود $q = \dfrac{P}{A} = \dfrac{300 \times 10^3}{62 \times 52} = 39.05 kg.cm^2$

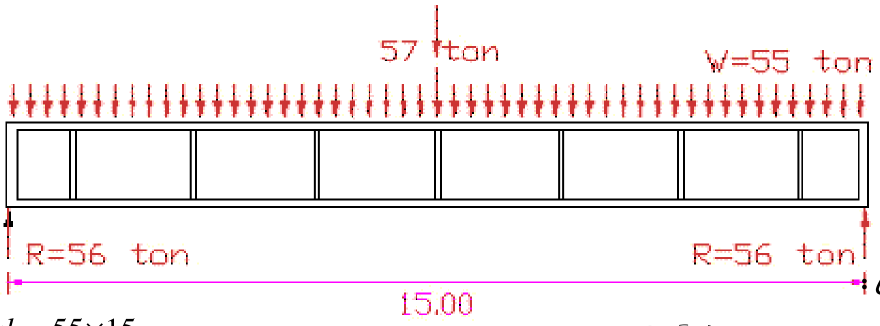
Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

لازم $t = \sqrt{\dfrac{39n^2}{0.75 f_y}} = \sqrt{\dfrac{3 \times 39.05 \times 14^2}{0.75 \times 2400 \times 1033}} = 4.78cm$

طراحی تیر ورقها

مثال :

مطلوبست طراحی یک تیر ورق که تاب تحمل 55 تن بار گستردهٔ یکنواخت و 57 تنی بار متمرکز در وسط دهانه را داشته باشد . تیر از نوع ساده و طول دهانه آن 15 متر است و بال فشاری به وسیلهٔ مهاربندی جانبی نگاه داشته شده است . تنش جاری شدن فولاد برابر با 2400 کیلوگرم به سانتیمتر مربع مـی باشـد و تـنشهای مجـاز جـوش طبق آیین نامه ی فولاد ایران (آفا) گرفته می شود .



لنگر خمشی :

بار گسترده

$$m_{cr}=\frac{wl}{8}=\frac{55\times15}{8}=103.13t.m$$

بار نقطه ای

$$m_{cr}=\frac{FL}{4}=\frac{57\times15}{4}=213.75t.m$$

$$m_{crtota}=320t.m$$

برش :

$$V=56t.m$$

1- طراحی جان تیر بر اساس معیار برش

ارتفاع اولیهٔ جان 170 سانتیمتر فرض می شود که بزرگتر از

$$\frac{1500}{23}=65cm$$

$$A_w=\frac{V}{F_v}=t_w.d_w$$

$$f_v=\frac{V}{t_w.d_w}=\frac{56\times1000}{170t_w}=\frac{330}{t_w}$$

با انتخاب ضخامتهای مختلف مقدار تنش برش متوسط فاصلهٔ سخت کننده ها به دست می آید .

t_w (cm)	$f_v=v/A$ (kg/cm^2)	h/t_w	$a/h=(\frac{260}{h/t_w})^2$
0.7	471.43	242	1.15
0.8	412.5	212.5	1.5
1.0	330.0	170	2.34

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

اگر چه ضخامت 7 میلیمتر تنش برشی منطقی 471.73 کیلوگرم به سانتیمتر مربع را می دهد ولی به علت فاصلهٔ کم سخت کننده ، ساخت مشکلتری خواهد داشت . با توجه به این مطلب ، ضخامت 8 میلیمتر انتخاب می شود .

$$A_w = 120\times 0.8 = 136CM^2 \quad , \quad I_w = \frac{0.8\times 170^3}{12} = 327533cm^4$$

$$h/t_w = 2$$

2- طراحی بال برای باقیماندهٔ لنگر

$$f_b = 0.6Fy = 0.6\times 2400 = 1440kg/cm^2 \quad , \quad s = \frac{m}{f_b} = \frac{320\times 1.5}{1440} = 22222$$

$$t_f = 2.6cm \quad , \quad c = \frac{1}{2}h + t_f = 170 + 2.6 = 87.6cm$$

ممان اینرسی کل مورد نیاز برای تیر ورق :

$$I_t = SC = 2222\times 87.6 = 1946647cm^4$$

ممان اینرسی لازم برای در بال برابر خواهد بود با :

$$I_f = I_t - I_w = 1946647 - 327533 = 1619114cm^4$$

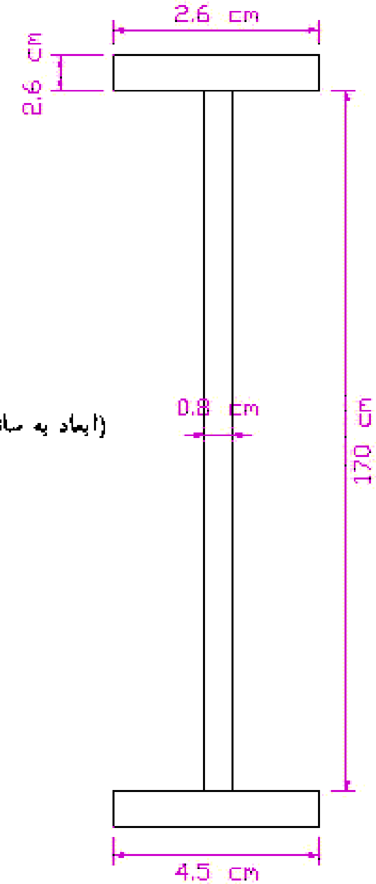
و چون :

$$I_f = 2A_f\, C_f^2 + 2\times\frac{1}{12}bh^3$$

مساحت لازم بال

$$C_f = \frac{170+2.6}{2} = 86.3cm$$

$$A_f = \frac{I_f}{2C_f^2}\ \frac{1619114}{2\times 86.3^2} = 108.7cm^2$$



ضخامت بال = $2.6 \rightarrow$ عرض بال= $\frac{08.7}{2.6} = 41.81cm$

عرض بال انتخابی = 45 cm

$$I = 2(2.6\times 45\times 86.3^2) + \frac{0.8\times 170^3}{12} = 2\times 10^6 cm^4$$

$$s = \frac{2\times 10^6}{87.6} = 23600cm^3$$

(ابعاد به سانتیمتر)

$$f_b = \frac{m}{s} = \frac{320\times 10^5}{2360v} = 1355kg/cm^2$$

$$f_b = 0.6f_y = 0.6\times 2400 = 1440kg/cm^2$$

$$h/t_w = 212 > \frac{6370}{\sqrt{F_b}} = \frac{6370}{\sqrt{1355}} = 173$$

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9

پس باید تنش خمشی مجاز را مقداری کاهش داد

$$F_b' \le F_b[1.0 - 0.0005\frac{A_w}{A_f}(\frac{h}{t_w} - \frac{6370}{\sqrt{f_b}})]$$

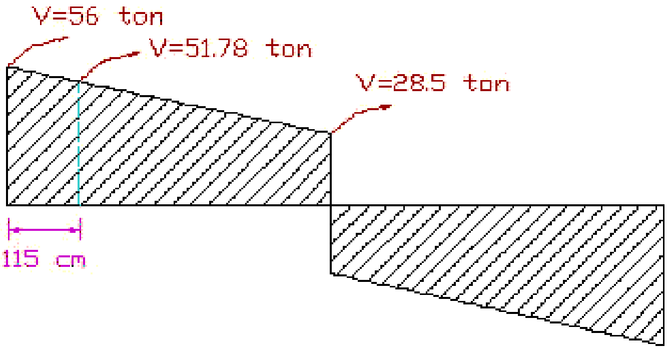
$$= 1440[1.0 - 0.0005 \times \frac{0.8 \times 170}{2.6 \times 45.0}(212 - 173)]$$

$$F_b' = 1407 > 1355 \qquad if <\Rightarrow$$

ابعاد باید عوض شود

3-طراحی سخت کننده های عرضی میانی

نمودار نیروی برشی به صورت زیر می باشد :



طول چشمه انتهایی :

$$a \le \frac{2920 t_w}{\sqrt{f_v \to V/A_w}} \le \frac{2920 \times 0.8}{\sqrt{412.5}} \le 115 \to a = 115cm$$

برش حداکثر در نزدیکی این سخت کننده

$$V = 28.5 + \frac{56 - 28.5}{7.5} \times (7.5 - 11.5) = 51.78ton$$

فاصلهٔ سخت کننده ها در باقی طول تیر :

$$a/h \le 3.0 \quad \text{یا} \quad (\frac{260}{h/t_w})^2 \le (\frac{260}{212})^2 \le 1.5$$

$$a \le 1.5h = 1.5 \times 170 = 255$$

تعیین تعداد چشمه ها

$$1500 - 2 \times 115 = 1270 \to \frac{1270}{255} = 4.98$$

با انتخاب شش چشمه ، خواهیم داشت :

$$a = \frac{1270}{6} = 211cm$$

کنترل تنش برشی مجاز درجان و انتخاب سطح مورد نیاز سخت کننده ها :

$$h/t_w = 212 \quad , \quad a/h = \frac{212}{170} = 1.24 > 1.0$$

$$k = 5.34 + \frac{4}{(a/h)^2} = 5.34 + \frac{4}{(1.24)^2} = 7.94$$

$$f_y = 2400$$

فرض $c_v > 0.8$

$$c_v = \frac{1600}{h/t_w}\sqrt{\frac{k}{f_y}} = \frac{1600}{212}\sqrt{\frac{7.94}{2400}} = 0.43 < 0.8$$

چون رابطۀ بالا صادق نیست ، رابطۀ بعدی آزمایش می گردد :

$$C_v = \frac{315\times 1.^4 k}{F_y(h/t_w)^2} = \frac{315\times 10^4\times 7.94}{2400\times(212)^2} = 0.23 < 0.8$$

صادق است :

$$F_v = \frac{F_y}{2.89}[c_v + \frac{1-c_v}{1.15\sqrt{1+(a/h)^2}}] = \frac{2400}{2.89}[0.23 + \frac{1-0.23}{1.15\sqrt{1+1.24^2}}] = 540kg/cm^2$$

$$F_v = \frac{56\times 1000}{0.8\times 170A_w} = 411 < 540$$ خوبست $if > \Rightarrow$ ورق تقویتی اضافه

$$F_v = 541kg/cm^2$$

$$A_s = \frac{10.49\times 0.8\times 170}{100} = 14.27cm^2$$

که همان جوابهای قبلی می باشند .

تعیین پهنای سخت با فرض $t_s = 1$ cm (ضخامت سخت کننده)

$$b_s = \frac{A_s}{2t_s} = \frac{14.39}{2_{ts}} = \frac{14.39}{2\times 1} = 7.2cm \rightarrow b_s = 9cm$$

$$\frac{b_s}{t_s} = \frac{9.00}{1.00} = 9.00 < \frac{795}{\sqrt{F_y}} = \frac{795}{\sqrt{2400}} = 16$$

ممان اینرسی مورد لزوم برای سخت کننده

$$I_s = (\frac{h}{50})^4 = (\frac{170}{50})^4 = 133.63cm^4$$

ممان اینرسی موجود $= \frac{(2\times 9.0+0.8)^3\times 1}{12} = 553 > 134cm^4$ رضایتبخش

Copyright by: www.afshinsalari.com 85/7/9